HENRY GEE

O (*foarte*) SCURTĂ ISTORIE A VIEȚII PE PĂMÂNT

4,6 MILIARDE DE ANI ÎN 12 CAPITOLE

„O lucrare-etalon pentru generațiile următoare.“

BOOKLIST

TREI

HENRY GEE

O (*foarte*) SCURTĂ ISTORIE A VIEȚII PE PĂMÂNT

4,6 MILIARDE DE ANI ÎN 12 CAPITOLE

„O lucrare-etalon pentru generațiile următoare.“

BOOKLIST

TREI

HENRY GEE

O *(foarte)* SCURTĂ ISTORIE A VIEȚII PE PĂMÂNT

4,6 MILIARDE DE ANI ÎN 12 CAPITOLE

„O lucrare-etalon pentru generațiile următoare.“

BOOKLIST

TREI

O (*foarte*) SCURTĂ ISTORIE A VIEȚII PE PĂMÂNT

4,6 MILIARDE DE ANI
ÎN 12 CAPITOLE

HENRY GEE

O (*foarte*) SCURTĂ ISTORIE A VIEȚII PE PĂMÂNT

4,6 MILIARDE DE ANI ÎN 12 CAPITOLE

Traducere din limba engleză de
Louis Ulrich și Tudor Ulrich

3
TREI

Editori:

Silviu Dragomir

Vasile Dem. Zamfirescu

Director editorial:

Magdalena Mărculescu

Redactare:

Domnica Drumea

Design și ilustrație copertă:

Andrei Gamarț

Director producție:

Cristian Claudiu Coban

Dtp:

Mirela Voicu

Corectură:

Oana Apostolescu

Conţinutul acestei lucrări electronice este protejat prin copyright (drepturi de autor), iar cartea este destinată exclusiv utilizării ei în scop privat pe dispozitivul de citire pe care a fost descărcată. Orice altă utilizare, incluzând împrumutul sau schimbul, reproducerea integrală sau parţială, multiplicarea, închirierea, punerea la dispoziţia publică, inclusiv prin internet sau prin reţele de calculatoare, stocarea permanentă sau temporară pe dispozitive sau sisteme cu posibilitatea recuperării informaţiei, altele decât cele pe care a fost descărcată, revânzarea sub orice formă sau prin orice mijloc, fără consimţământul editorului, sunt interzise. Dreptul de folosinţă al lucrării nu este transferabil.

Drepturile de autor pentru versiunea electronică în formatele existente ale acestei lucrări aparţin persoanei juridice Editura Trei SRL.

Titlul original: A (Very) Short History of Life on Earth

Autor: Henry Gee

Copyright © Henry Gee 2021

First published in 2021 by Picador an imprint of Pan Macmillan, a division of Macmillan Publishers International Limited

Copyright © Editura Trei, 2022 pentru prezenta ediţie

O.P. 16, Ghișeul 1, C.P. 0490, București

Tel.: +4 021 300 60 90 ; Fax: +4 0372 25 20 20

e-mail: comenzi@edituratrei.ro

www.edituratrei.ro

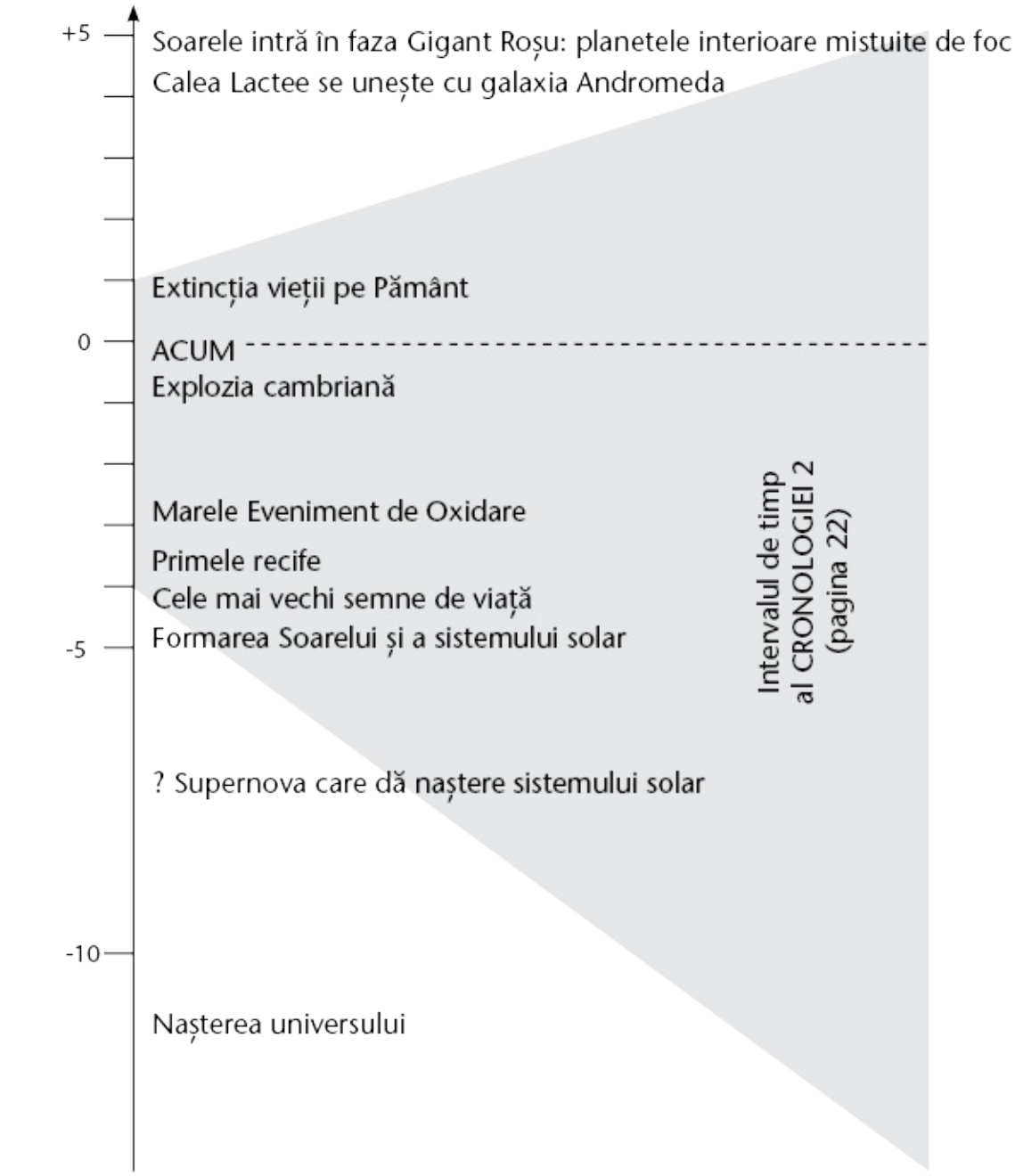
ISBN (print): 978-606-40-1522-8

ISBN (epub): 9786064019097

În memoria lui Jenny Clack (1947–2020)

Mentor, prieten

Cronologie 1. Pământul în Univers


+5
Soarele intră în faza Gigant Roșu: planetele interioare mistuite de foc
Calea Lactee se unește cu galaxia Andromeda
Extincția vieții pe Pământ
0
ACUM
Explozia cambriană
Marele Eveniment de Oxidare
Primele recife
Cele mai vechi semne de viață
Formarea Soarelui și a sistemului solar
-5
? Supernova care dă naștere sistemului solar
-10
Nașterea universului
Intervalul de timp al CRONOLOGIEI 2 (pagina 22)

Epoci în miliarde de ani înainte (minus) și după (plus) prezent

Un cântec de foc și gheață

A fost odată ca niciodată o stea uriașă care era pe moarte. Arsese timp de milioane de ani, dar acum nu mai avea combustibil pe care să-l ardă în cuptorul de fuziune din miezul său. Steaua își crea energia de care avea nevoie ca să strălucească fuzionând atomi de hidrogen pentru a produce heliu. Dincolo de faptul că făcea steaua să strălucească, energia produsă prin fuziune era esențială pentru a contracara propria atracție gravitațională a stelei. Când rezervele disponibile de hidrogen au început să scadă simțitor, steaua a început să fuzioneze heliu în atomi ai unor elemente mai grele, precum carbonul și oxigenul. La acel moment însă steaua nu prea mai avea ce să ardă.

A venit și ziua în care combustibilul s-a terminat complet. Gravitația a câștigat bătălia: steaua a făcut implozie. După milioanele de ani în care steaua arsese, colapsul a durat o fracțiune de secundă și a declanșat o reacție atât de explozivă, încât a luminat universul — o supernovă. Dacă a existat vreo formă de viață în propriul sistem planetar al stelei, ea a fost distrusă. Dar în cataclismul care a reprezentat moartea sa s-au născut germenii a ceva nou. Până și elementele chimice mai grele, create în ultimele clipe ale vieții stelei — siliciu, nichel, sulf și fier — au fost împrăștiate de explozie în lung și-n lat.

Milioane de ani mai târziu, unda de șoc gravitațională a exploziei supernovei a traversat un nor de gaz, praf și gheață. Întinderea și comprimarea undei gravitaționale au făcut ca norul să colapseze. Pe măsură ce se contracta, a început să se rotească. Atracția gravitațională a presat atât de mult gazul din centrul norului încât atomii au început să fuzioneze. Atomii de hidrogen au fost comprimați, formând heliu, creând lumină și căldură. Cercul vieții stelare era încheiat. Din moartea unei stele bătrâne a apărut o alta, proaspătă și nouă — Soarele nostru.

*

Norul de gaz, praf și gheață a fost îmbogățit cu elementele create în supernovă. În plus, învârtindu-se în jurul noului Soare, el s-a coagulat într-un sistem de planete. Una dintre ele a fost Pământul nostru. Pământul nou-născut era foarte diferit de cel pe care îl cunoaștem astăzi. Atmosfera era o masă ceţoasă, alcătuită din metan, bioxid de carbon, vapori de apă și hidrogen, irespirabilă pentru noi. Suprafața lui era un ocean de lavă topită, agitată în permanență de ciocnirile cu asteroizi, comete și chiar cu alte planete. Una dintre acestea a fost Theia, o planetă cam de aceeași mărime cu actuala planetă Marte.[1] Theia s-a lovit oblic de Pământ și s-a dezintegrat. Coliziunea a aruncat în spațiu mare parte din suprafața Pământului. Timp de câteva milioane de ani, planeta noastră a avut inele, precum Saturn. În cele din urmă, inelele s-au contopit pentru a forma o altă lume nouă — Luna.[2] Toate astea s-au întâmplat cu aproximativ 4 600 000 000 (4,6 miliarde) de ani în urmă.

Au trecut și mai multe milioane de ani. Și a venit ziua în care Pământul se răcise îndeajuns încât vaporii de apă din atmosferă să se condenseze și să cadă sub formă de ploaie. A plouat milioane de ani, suficient de mult pentru a lua naștere primele oceane. Iar în afară de oceane nu exista nimic altceva — nu exista deloc uscat. Cândva o minge de foc, Pământul devenise o lume de apă. Nu că lucrurile s-ar mai fi calmat. Pe vremea aceea, Pământul se învârtea pe axa sa mai repede decât o face astăzi. Noua Lună se profila deasupra orizontului negru. Fiecare val care se forma era un tsunami.

*

O planetă este mai mult decât o adunătură de pietre. Cu timpul, orice planetă cu un diametru mai mare de câteva sute de kilometri se stratifică. Materialele mai puțin dense, precum aluminiul, siliciul și oxigenul, se combină într-o spumă ușoară de roci aproape de suprafață. Materialele mai dense, precum nichelul și fierul, coboară spre centru. Astăzi, miezul Pământului este o bilă de metal lichid care se rotește. Miezul este menținut fierbinte de gravitație și prin descompunerea unor elemente radioactive grele, precum uraniul, create în ultimele momente din existența vechii supernove. Deoarece Pământul se învârtește, în centrul său se generează un câmp magnetic. Liniile acestui câmp magnetic traversează Pământul și ajung până departe în spațiu. Câmpul magnetic

protejează Pământul de vântul solar, o furtună constantă de particule energetice ce se revarsă din Soare. Aceste particule sunt încărcate electric şi, respinse de câmpul magnetic al Pământului, ricoşează sau plutesc în jurul Pământului şi în spaţiu.

Căldura Pământului, radiind din miezul topit spre exterior, menţine în permanenţă planeta sub presiune, exact ca o cratiţă cu apă ce fierbe la foc mic pe aragaz. Căldura care se ridică la suprafaţă înmoaie straturile suprapuse, rupând scoarţa mai puţin densă, dar mai solidă, în bucăţi şi, forţându-le să se separe, creează între ele oceane noi. Aceste bucăţi, plăcile tectonice, sunt veşnic în mişcare. Ele se lovesc unele de altele, alunecă unele pe lângă altele sau se ascund unele sub altele. Mişcarea sapă tranşee adânci pe fundul oceanului şi ridică munţi mult deasupra lui. Produce cutremure şi erupţii vulcanice. Construieşte pământuri noi.

În timp ce munţii sterpi erau împinşi către cer, vaste cantităţi de scoarţă erau aspirate în adâncurile Pământului în tranşee oceanice abisale, la marginile plăcilor tectonice. Încărcată cu sedimente şi apă, această scoarţă a fost trasă adânc în interiorul Pământului — doar pentru a reveni la suprafaţă în forme noi. Mâlul de pe fundul oceanului de la marginile continentelor dispărute ar putea să reapară, după sute de milioane de ani, în erupţiile vulcanice[3] sau să fie transformat în diamante.

*

În mijlocul acestui haos a luat naştere viaţa. Haosul a fost cel care a hrănit-o, a îngrijit-o, a făcut-o să se dezvolte şi să crească. Viaţa a evoluat în străfundurile oceanului, acolo unde marginile plăcilor tectonice s-au afundat în scoarţă; şi unde, sub o presiune extremă, jeturi de apă fierbinte, bogată în minerale, au ţâşnit din crăpăturile de pe fundul oceanului.

Primele vieţuitoare nu au fost decât nişte membrane spongioase întinse peste golurile microscopice din roci. Ele s-au format atunci când curenţii ascendenţi au devenit turbionari şi, pierzând energie, şi-au deversat încărcătura de resturi[4] bogate în minerale în fisurile şi porii stâncilor. Membranele erau imperfecte,

asemănătoare unor site și, la fel ca acestea, au permis trecerea doar pentru anumite substanțe. Deși erau poroase, mediul din interiorul membranelor a devenit mai calm, mai ordonat, diferit de vârtejul ce făcea ravagii în exterior. O cabană din bârne, cu acoperiș și pereți, este întotdeauna un refugiu din calea furtunii arctice de afară, chiar dacă ușa se zgâlțâie în balamale și ferestrele zăngăne. Membranele și-au exploatat lipsa de etanșeitate, folosind găurile ca porți de intrare a energiei și a substanțelor nutritive și ca puncte de ieșire a reziduurilor.[5]

Protejate de zarva chimică a lumii exterioare, aceste piscine minuscule erau oaze de ordine. Încet-încet, ele au rafinat generarea energiei, utilizând-o pentru a crea mici bule, fiecare învelită în propria-i porțiune din membrana-mamă. Inițial fenomenul a fost aleatoriu, dar treptat a devenit mai previzibil, ca urmare a dezvoltării unui model chimic intern care putea fi copiat și transmis noilor generații de bule învelite în membrană. Asta a garantat că noile generații de bule erau cópii mai mult sau mai puțin fidele ale părinților lor. Bulele mai eficiente au început să prospere în detrimentul celor mai prost ordonate.

Aceste bule simple s-au trezit chiar la porțile vieții întrucât au găsit o modalitate de a opri — chiar dacă temporar și cu mare efort — creșterea altfel inexorabilă a entropiei, cantitatea netă a dezordinii din Univers. Aceasta este o proprietate esențială a vieții. Clăbucii de celule, precum bulele de săpun, s-au ridicat ca niște mici pumni încleștați, sfidători, împotriva lumii lipsite de viață.[6]

*

Când vorbim despre viață, poate cel mai uluitor lucru — pe lângă însăși existența sa — este cât de repede a luat naștere. Ea s-a ivit la numai 100 de milioane de ani de la formarea planetei, în adâncurile vulcanice, pe când tânărul Pământ continua să fie bombardat din spațiu de corpuri suficient de mari încât să creeze uriașele cratere de impact de pe suprafața Lunii.[7] Acum 3,7 miliarde de ani, viața se ridicase din întunericul neîntrerupt al oceanelor spre apele luminate de soare de la suprafață.[8]

În urmă cu 3,4 miliarde de ani, trilioane de corpusculi vii începuseră să se

îngrămădească pentru a crea recife, structuri vizibile din spațiu.[9] Viața pe Pământ lua avânt.

Însă aceste recife nu erau compuse din corali — care mai aveau de așteptat aproape 3 miliarde de ani în viitorul Pământului. Recifele erau compuse din filamente verzui, subțiri ca firul de păr, și fragmente de mâzgă alcătuite din organisme microscopice, numite cianobacterii — aceleași creaturi care formează astăzi depunerea albastru-verzuie de pe suprafața iazurilor. Ele s-au întins ca o pânză peste pietrele și zonele plate de pe fundul mării, doar pentru a fi îngropate de nisip la următoarea furtună: dar punând din nou stăpânire asupra lor și fiind din nou îngropate, construind movile asemănătoare unor perne de mâzgă și sedimente stratificate. Aceste mase de forma unei movile, cunoscute sub numele de stromatoliți, aveau să devină cea mai de succes și mai rezistentă formă de viață care a existat vreodată pe această planetă, conducătorii absoluți ai lumii timp de 3 miliarde de ani.[10]

*

Viața a început într-un spațiu care era cald[11], dar fără alte zgomote decât ale vântului și ale mării. Vântul agita un aer aproape complet lipsit de oxigen. Fără niciun strat protector de ozon în atmosfera superioară, razele ultraviolete ale Soarelui sterilizau tot ce se afla deasupra suprafeței mării sau la mai puțin de câțiva centimetri sub suprafață. Pentru a se apăra, coloniile de cianobacterii au dezvoltat pigmenți care să absoarbă aceste raze dăunătoare. Odată absorbită, energia lor putea fi pusă la treabă. Cianobacteriile au folosit-o pentru a produce reacții chimice. Unele dintre acestea au contopit atomi de carbon, hidrogen și oxigen pentru a crea zaharuri și amidon. Acesta este procesul pe care îl numim „fotosinteză“. Ceea ce era dăunător a fost transformat în ceva benefic.

La plantele de astăzi, pigmentul care colectează energie se numește clorofilă. Energia solară este folosită pentru a descompune apa în constituenții săi, hidrogen și oxigen, eliberând și mai multă energie pentru a antrena reacții chimice ulterioare. Dar în zilele de început ale Pământului, este foarte probabil ca materiile prime să fi fost minerale ce conțineau fier sau sulf. Totuși cea mai bună materie primă a fost și rămâne în continuare și cea mai abundentă — apa.

Exista însă o problemă. Deșeul ce rezultă din fotosinteza apei este un gaz incolor și inodor care arde orice atinge. Acest gaz este una dintre cele mai mortale substanțe din univers. Numele lui? Oxigen liber sau O2.

Pentru formele timpurii de viață, care evoluaseră într-un ocean și într-o atmosferă eminamente lipsită de oxigen, asta era echivalentul unei catastrofe ecologice. Totuși, privind lucrurile într-un sens mai larg, pe vremea când cianobacteriile făceau primele lor încercări de fotosinteză oxigenată — acum 3 miliarde de ani sau mai mult — rareori exista suficient oxigen liber cât să fie considerat mai mult decât un poluant minor. Însă oxigenul este o forță atât de puternică, încât până și o urmă însemna un dezastru pentru viața care evoluase în absența sa. Aceste rafale de oxigen au provocat prima dintre numeroasele extincții în masă din istoria Pământului, generații întregi de viețuitoare fiind arse de vii.

*

Oxigenul liber a devenit mai abundent în timpul Marelui Eveniment de Oxidare, o perioadă turbulentă care se estimează că a avut loc în urmă cu 2,4 — 2,1 miliarde de ani în urmă, când, din motive încă neclare, concentrația de oxigen din atmosferă a crescut inițial brusc, ajungând la o valoare mai mare decât cea actuală de 21 %, după care s-a stabilizat la puțin sub 2 %. Deși încă irespirabil de mică după standardele moderne, acea concentrație a avut un efect uriaș asupra ecosistemului.[12]

O creștere a activității tectonice a îngropat cantități enorme de detritus organic bogat în carbon — cadavrele multor generații de viețuitoare — sub fundul oceanului. Asta l-a ferit de contactul cu oxigenul. Rezultatul a fost un surplus de oxigen liber care putea reacționa cu orice atingea. Oxigenul coroda până și rocile, transformând fierul în rugină și carbonul în calcar.

În același timp, gaze precum metanul și bioxidul de carbon au fost epurate din aer și absorbite de abundența de roci nou formate. Metanul și bioxidul de carbon sunt două dintre gazele ce intră în umplutura pufoasă a păturii izolatoare care păstrează Pământul cald. Ele contribuie la ceea ce numim „efectul de seră“. În

lipsa lor, Pământul a intrat în prima și cea mai importantă dintre numeroasele sale ere glaciare. Gheţarii s-au răspândit de la un pol la altul, acoperind întreaga planetă cu gheaţă timp de 300 de milioane de ani. Și totuși, Marele Eveniment de Oxidare și episodul ulterior, „Pământul de Zăpadă“, au fost genul de dezastre apocaliptice în care viaţa pe Pământ a izbândit mereu. Multe vietăţi au murit, însă viaţa a fost pregătită să înfrunte următoarea sa revoluţie.

*

În primele două miliarde de ani din istoria Pământului, cea mai sofisticată formă de viaţă s-a bazat pe celula bacteriană. Celulele bacteriene sunt foarte simple, fie separate, fie lipite unele de altele în straturi pe fundul oceanului sau în filamentele lungi, răsucite, ale cianobacteriilor. În sine, fiecare este minusculă. Pe gămălia unui ac poate încăpea un număr de bacterii la fel de mare ca al petrecăreţilor care au mers la Woodstock, și tot ar mai rămâne loc.[13]

La microscop, celulele bacteriene par simple și banale. Această simplitate este înșelătoare. În ceea ce privește conduitele și habitatele lor, bacteriile sunt foarte adaptabile. Ele pot trăi aproape oriunde. Numărul de celule bacteriene din (și de pe) corpul uman este cu mult mai mare decât numărul celulelor umane din același corp. În ciuda faptului că unele bacterii cauzează boli grave, noi n-am putea supraviețui fără ajutorul bacteriilor ce trăiesc în intestinele noastre și ne permit să digerăm hrana.

Iar pentru bacterii, interiorul corpului uman, în ciuda variaţiei sale mari de aciditate și temperatură, este un loc plăcut. Există bacterii pentru care temperatura unui ceainic care fierbe este ca o zi înmiresmată de primăvară. Există bacterii care prosperă pe ţiţei; pe solvenţi, din pricina cărora oamenii se îmbolnăvesc de cancer; sau chiar în reziduuri nucleare. Există bacterii care pot supraviețui vidului din spaţiu, extremelor violente de temperatură sau presiune și îngropării în granule de sare — și fac asta de milioane de ani.[14]

Deși sunt mici, celulele bacteriene sunt extraordinar de sociabile. Diverse specii de bacterii se strâng laolaltă pentru a face schimb de substanţe chimice. Produsele reziduale ale unei specii ar putea însemna o masă pentru o alta.

Stromatoliții — după cum am văzut, primele semne de viață vizibilă pe Pământ — au fost colonii ale unor tipuri diferite de bacterii. Bacteriile pot chiar să schimbe între ele porțiuni din propriile gene. Astăzi, acest comerț facil înseamnă că bacteriile pot deveni rezistente la antibiotice. Dacă o bacterie nu are o genă de rezistență la un anumit antibiotic, ea o poate alege din bazinul genetic disponibil al altor specii cu care împarte mediul.

Tendința bacteriilor de a forma comunități de specii diferite a fost cea care a condus la următoarea inovație evoluționistă importantă. Bacteriile au dus viața în grup la următorul nivel — celula nucleată.

*

La un moment dat, cu peste 2 miliarde de ani în urmă, mici colonii de bacterii au adoptat obiceiul de a trăi în interiorul unei membrane comune.[15] A început când o mică celulă bacteriană, numită archeon[16], a devenit dependentă de unele dintre celulele din jur pentru a obține nutrienți vitali. Această celulă minusculă și-a întins filamentele către vecinii săi astfel încât să poată schimba mai ușor gene și substanțe. Participanții la ceea ce fusese o comună liberă de celule au devenit tot mai interdependenți.

Fiecare membru s-a concentrat doar pe un anumit aspect al vieții.

Cianobacteriile s-au specializat în colectarea luminii solare și au devenit cloroplaste — particulele de un verde strălucitor întâlnite acum în celulele plantelor. Alte genuri de bacterii s-au dedicat eliberării energiei din hrană și au devenit minusculele celule energetice roz, numite mitocondrii, ce se întâlnesc la aproape toate celulele care au nuclei, fie că sunt plante, fie animale.[17] Indiferent de specializarea lor, toate își depozitează resursele genetice în archeonul central. Acesta a devenit nucleul celulei — biblioteca celulei, depozitarul informației genetice, memoria și moștenirea ei.[18]

Această diviziune a muncii a făcut mult mai eficientă și mai raționalizată viața coloniei. Ceea ce fusese cândva o colonie dezlânată a devenit o entitate integrată, o nouă ordine a vieții — celula nucleată sau „eucariotă“. Organismele compuse din celule eucariote — fie singulare — unicelulare, fie mai multe laolaltă —

multicelulare — se numesc „eucariote“.[19]

*

Evoluția nucleului a permis un sistem de reproducere mai organizat. În general, celulele bacteriene se reproduc divizându-se în două pentru a crea două copii identice ale celulei-părinte. Variația de la adăugarea de material generic suplimentar este fragmentară și aleatorie.

La eucariote, în schimb, fiecare părinte produce celulele reproducătoare specializate ca vehicule ale unui schimb de material generic foarte bine dirijat. Gene de la ambii părinți sunt contopite pentru a crea prototipul unui individ nou și distinct, diferit de fiecare părinte. Numim acest schimb elegant de material genetic „sex“.[20] Creșterea variației genetice ca o consecință a sexului a dus la o creștere a diversității. Rezultatul a fost dezvoltarea unei bogății de tipuri diferite de eucariote și, în timp, apariția unor grupări de celule eucariote pentru a crea organisme multicelulare.[21]

Eucariotele au apărut, tăcut și modest, cu aproximativ 1 850–850 de milioane de ani în urmă.[22] Cu aproximativ 1 200 de milioane de ani în urmă, ele au început să se diversifice în forme recognoscibile ca rude timpurii cu o singură celulă ale algelor și fungilor și ca microorganisme unicelulare — sau ceea ce obișnuim să numim „protozoare“.[23] Pentru prima dată, ele s-au aventurat departe de mare și au colonizat lacuri și cursuri de apă dulce din interiorul uscatului.[24] Cruste de alge, fungi și licheni[25] au început să împodobească țărmurile cândva lipsite de viață.

Unele chiar au experimentat viața multicelulară, precum Bangiomorpha[26], alga marină cu o vechime de 1 200 de milioane de ani, și Ourasphaira[27], fungusul cu o vechime de vreo 900 de milioane de ani. Au existat însă și fenomene mai ciudate. Primele semne cunoscute de viață multicelulară sunt vechi de 2 100 de milioane de ani. Unele dintre aceste creaturi măsoară până la 12 centimetri în diametru, deci nu sunt câtuși de puțin microscopice, dar au o formă atât de ciudată pentru ochiul nostru modern, încât legătura lor cu algele, fungii sau alte organisme este obscură.[28] Ele ar fi putut fi o formă de bacterii coloniale, însă nu

putem elimina posibilitatea ca acolo să fi trăit cândva categorii întregi de organisme vii — bacteriene, eucariote sau ceva complet diferit — care au murit fără să lase urmași și pe care ne-ar fi, prin urmare, greu să le înțelegem.

*

Primele tunete ale furtunii care se apropia au venit în urma ruperii și destrămării unui supercontinent, Rodinia. Acesta cuprindea toate masele continentale importante de la acea vreme.[29] Una dintre consecințele acestei rupturi a fost o serie de epoci glaciare de genul celor care nu se mai văzuseră de la Marele Eveniment de Oxidare încoace. Ele au durat 80 de milioane de ani și, la fel ca episodul precedent, au acoperit tot globul. Dar viața a răspuns din nou ridicându-se la înălțimea provocării.

Viața a intrat în luptă sub forma unei serii pașnice de alge de mare, alge, fungi și licheni.

A ieșit viguroasă, schimbătoare și pusă pe harță.

Și asta pentru că, dacă viața pe Pământ a fost făurită în foc, ea a fost călită în gheață.

Animalele se adună

Dezintegrarea supercontinentului Rodinia a început în urmă cu aproximativ 825 de milioane de ani și a continuat timp de aproape 100 de milioane de ani, lăsând un inel de continente în jurul Ecuatorului. Ruperea a fost însoțită de erupții vulcanice masive care au adus la suprafață enorme cantități de rocă vulcanică, o mare parte din ea fiind roca eruptivă numită bazalt. Bazaltul este erodat ușor de ploaie și vânt, multe dintre masele continentale proaspăt desprinse se aflau la tropice, unde căldura și umiditatea mai mare fac eroziunea deosebit de intensă.

Intemperiile nu numai că au împrăștiat bazalt în oceane, ci au și scufundat cantități imense de sedimente conținând carbon în adâncuri, unde au fost ferite de contactul cu oxigenul. Când carbonul poate fi oxidat pentru a forma bioxid de carbon, Pământul este încălzit de efectul de seră. Dar în momentul în care carbonul este îndepărtat din atmosferă, efectul de seră încetează și Pământul se răcește. Acest dans al carbonului, oxigenului și bioxidului de carbon avea să imprime un ritm în istoria ulterioară a Pământului și a vieții care avansa lent pe suprafața lui.

Rezultatul erodării fragmentelor Rodiniei a fost că, acum aproximativ 715 milioane de ani, Pământul a fost aruncat într-o serie de ere glaciare la scară globală, care au durat în jur de 80 de milioane de ani.

La fel ca în timpul episodului ce a urmat Evenimentului Marii Oxidări, cu mai bine de un miliard de ani în urmă, aceste ere glaciare au impulsionat evoluția. Ele au pregătit terenul pentru apariția unui gen nou, mai activ, de eucariote — animalele.[1]

*

Carbonul deversat în mare a pătruns într-un ocean care, cu excepția unui strat

subțire aflat aproape de suprafață, în contact cu atmosfera, nu conținea aproape deloc oxigen. Pe de altă parte, concentrația de oxigen din atmosferă nu reprezenta mai mult de o zecime din valoarea sa actuală, ba chiar mai puțin în suprafața luminată de soare a oceanului. Era prea mică pentru a susține orice animal întrecea în mărime punctul de la sfârșitul acestei propoziții.

Au existat însă unele animale care au reușit să subziste cu cantități infime de oxigen. Aceștia au fost bureții (spongierii). Bureții au apărut acum aproximativ 800 de milioane de ani[2], pe când Rodinia începea să se destrame.

Bureții au fost și sunt animale foarte simple. Deși larvele de bureți sunt mici și mobile, bureții adulți rămân într-un singur loc toată viața. Un burete adult are o alcătuire simplă, fiind doar o masă informă de celule străbătute de mii de găuri, canale și spații mici. Celulele care căptușesc aceste spații atrag curenți de apă prin mișcarea unor extensii subțiri, precum firele de păr, numite cili. Alte celule absorb detritus din curentul de apă. Bureții nu au organe sau țesuturi distincte. Un burete viu trecut printr-o sită și pus înapoi în apă se va recompune într-o formă diferită, dar la fel de vie și la fel de funcțională. Este o viață simplă care necesită puțină energie — și puțin oxigen.

Nu există însă niciun motiv pentru a disprețui ceea ce e simplu. După ce s-au instalat, primii bureți au schimbat lumea.

Bureții care trăiau printre covoarele de mâzgă ce acopereau fundul oceanelor filtrau particule de materie din apă. Volumul de apă trecut printr-un singur burete într-o zi era mic, dar miliardele de bureți, timp de zeci de milioane de ani, au avut un impact imens. Munca lentă și constantă a bureților a dus la o și mai mare acumulare de carbon pe fundul mării, indisponibil pentru reacția cu oxigenul. În plus, bureții au curățat apa din jurul lor de detritusul care altfel ar fi fost digerat de bacteriile de putrefacție ce absorb oxigenul. Rezultatul a fost o creștere lentă a cantității de oxigen dizolvat în mare și în aerul aflat imediat deasupra ei.[3]

*

Mult deasupra bureților, meduzele și mici animale asemănătoare cu viermii consumau eucariotele mai mici și bacteriile din plancton — regiunea însorită a

mării cea mai apropiată de suprafață.[4] La suprafața apelor exista mai mult oxigen cu care să înceapă, dar, odată moarte, corpurile bogate în carbon ale creaturilor din plancton, în loc să rămână suspendate în apă, se duceau mai repede la fund, iar în felul acesta și mai mult carbon era ferit de contactul cu oxigenul molecular. Fapt care, la rândul său, a permis acumularea unei cantități mai mari de oxigen în ocean și în atmosferă.

Deși suficient de mari încât unele să fie vizibile fără ajutorul unui microscop, multe dintre creaturile ce compuneau planctonul erau suficient de mici încât nutrienții și reziduurile să poată intra și ieși cu ușurință din corpurile lor. Cele care erau puțin mai mari au creat un loc pe unde să intre nutrienții și apoi să iasă reziduurile. Acel loc a fost gura, deși ea a îndeplinit o sarcină dublă, servind și ca anus.

Dezvoltarea unui anus distinct la unele specii de viermi, altfel banali, a dus la o revoluție în biosferă. Pentru prima dată, reziduurile au fost concentrate în pelete solide, în locul unor excremente dizolvate. Aceste fecale s-au scufundat repede pe fundul mării, în loc să se împrăștie încet, iar asta a dus la o adevărată cursă către adâncuri. Agenții absorbanți de oxigen ai descompunerii au început să-și concentreze eforturile aproape de fundul mării și mai puțin de-a lungul coloanei de apă. Cândva tulburi și stătătoare, mările au devenit mai limpezi și tot mai bogate în oxigen — suficient pentru a permite evoluția unor forme de viață mai mari.[5]

Dezvoltarea anusului a mai avut o consecință. Animalele cu gura la un capăt și anusul la celălalt au o direcție de deplasare distinctă — un „cap“ în față și o „coadă“ în spate. La început, aceste animale au trăit adunând resturi de pe covorul gros de mâzgă care acoperise fundul oceanului mai bine de două miliarde de ani.

Apoi au început să scormonească pe sub mâzgă. După care au mâncat mâzga însăși. Domnia incontestabilă a stromatoliților se încheiase.

Și când animalele au terminat de mâncat toată mâzga, au început să se mănânce unele pe altele.

*

Mai rămânea de înfruntat mica problemă a glaciațiunii mondiale. Dar schimbarea evolutivă se hrănește cu adversitate. Algele marine au înflorit, oferind primelor animale o mâncare mai hrănitoare decât bacteriile.[6]

Și s-ar putea ca viața animală să fi devenit tot mai complexă datorită severității glaciațiunilor Pământului de Zăpadă. Urmând maxima potrivit căreia ce nu te omoară te face mai puternic, la începuturile ei, viața animală a trebuit să fie reziliență pentru a supraviețui celei mai solicitante perioade de adversitate din istoria sa. Odată ce glaciațiunile s-au retras — așa cum au făcut în cele din urmă toate glaciațiunile din istoria Pământului — ele au lăsat viața animală mai flexibilă, mai vicleană și pregătită să accepte orice îi arunca Pământul în față.

*

Viața animală a devenit vizibilă în urmă cu aproximativ 635 de milioane de ani, în perioada cunoscută sub numele de Ediacaran. Această primă perioadă de prosperitate a vieții animale complexe a însemnat o înflorire a unor forme frumoase, asemănătoare frunzelor de palmier, multe dintre ele sfidând orice încadrare într-o categorie.[7] Deși unele erau animale, altele s-ar putea să fi fost licheni ori fungi sau creaturi coloniale de înrudire incertă — sau ceva atât de străin încât ne lipsește orice mijloc de comparație.

Una dintre acestea, o creatură extrem de frumoasă, numită Dickinsonia, era mare, dar plată ca o clătită și segmentată. Este ușor să ne-o imaginăm alunecând grațios peste sedimente, cam așa cum fac astăzi viermii plați sau limacșii-de-mare.[8] O altă fosilă numită Kimberella s-ar putea să fi fost o rudă foarte timpurie a moluștelor.[9] Altele, rangeomorfele, sunt și mai greu de clasificat. Ele semănau cu niște pâini împletite și rămâneau probabil într-un singur loc în decursul vieții lor, deși — asemenea căpșunilor — dădeau naștere unei noi colonii în jurul părintelui.[10] Lumea acestor creaturi stranii și ciudat de frumoase era placidă și liniștită. Ele trăiau în mări puțin adânci, printre algele din apropierea țărmurilor.[11]

*

Creaturile de la începutul Ediacaranului tindeau să fie de acest gen, cu corpul moale, în formă de frunză. Creaturile ce aduceau mai mult cu un animal şi care s-ar fi putut deplasa au apărut ceva mai târziu, acum aproximativ 560 de milioane de ani — alături de fenomenul larg răspândit, cunoscut sub numele de urme fosile. Urmele fosile nu sunt impresiuni ale creaturilor însele, ci semne ale activităţilor lor. Ele includ amprente şi vizuini. Urmele fosile sunt la fel de interesante ca urmele de paşi ale unor criminali care tocmai au părăsit locul crimei. Dacă analizăm o urmă de paşi, putem spune ceva despre constituţia criminalilor, ba chiar şi despre intenţia lor. Dar nu putem spune nimic despre, să zicem, hainele pe care le purtau sau armele pe care le aveau asupra lor. Pentru asta ar trebui să prindem criminalul în flagrant delict. Rar, foarte rar, putem face acelaşi lucru cu urmele fosile. Este cazul unei fosile numite Yilingia spiciformis, care a trăit chiar la sfârşitul Ediacaranului. La capătul propriilor trasee sunt descoperite uneori specimene care aduc cu genul de viermi segmentaţi pe care îi folosesc astăzi pescarii drept momeală.[12]

Aceste urme sunt de o importanţă incomensurabilă. Ele reprezintă un ecou sau o imagine remanentă a unui moment din evoluţie când animalele au început să se deplaseze. Până atunci, creaturile fuseseră de regulă înrădăcinate într-un singur loc, cel puţin pentru o parte a ciclului lor de viaţă. Dârele şi urmele sunt aproape întotdeauna lăsate de animalele obişnuite cu mişcarea direcţionată, musculară. Dacă sursele de hrană sunt peste tot în jur, nu este nevoie să te duci să o cauţi cu precădere într-un loc şi nu în altul. Dacă însă un animal are o direcţie de deplasare distinctă, cu o gură la un capăt, de regulă caută ceva, iar acel ceva este hrana. La un moment dat, pe la jumătatea Ediacaranului, animalele au început să se mănânce unele pe altele. Şi odată ce s-a întâmplat asta, au început şi să găsească modalităţi de a evita să fie mâncate.

Un animal care îşi construieşte vizuina în noroi trebuie să aibă un corp compact şi rezilient care să-i permită să penetreze sedimentul. Există diverse căi de a face asta. Corpul unui animal de vizuină poate fi susţinut de un schelet intern, cum ar fi, să zicem, la un terrier Jack Russell; sau de un schelet extern, cum ar fi, să zicem, la un crab. Scheletele externe tind să fie la început moi şi flexibile (ca la crevete), dar pot deveni tari şi mineralizate (ca la homar). O altă modalitate este

să-şi structureze corpul sub forma unei serii de segmente repetate, fiecare plin de fluid, şi separate de segmentele de dinainte şi de după el printr-un fel de perete despărţitor. Dacă segmentele sunt acoperite de un tub extern dur de muşchi, poţi în principiu să pătrunzi în sol exercitând o presiune asupra lui. Şi dacă te mişti în jur în felul acesta, atunci eşti o râmă.

Rudele marine ale râmelor fac cam acelaşi lucru, dar multe dintre ele au pe fiecare segment excrescenţe flexibile asemănătoare unor membre care le ajută să se îngroape, să vâslească prin apă sau să se târască la suprafaţă. Unele dintre cele mai vechi urme animale fosilizate, cum sunt cele de Yilingia spiciformis, ar fi putut fi produse de viermi ca acesta.

*

Animalele precum viermii segmentaţi au o structură mult mai sofisticată decât meduzele sau chiar decât viermii plaţi foarte simpli. Iar diferenţa crucială este că ei au şi intestine, şi straturi protectoare exterioare.

Practic, meduzele şi viermii plaţi simpli nu au măruntaie. Intestinele lor sunt buzunare interioare ale suprafeţei, conexiunea lor cu exteriorul servind atât ca gură, cât şi ca anus. Animalele mai complexe, în schimb, au un tub digestiv cu o gură la un capăt şi un anus la celălalt. Ele pot avea şi cavităţi interne ce separă tubul digestiv de suprafaţa exterioară. Acesta este spaţiul în care se pot dezvolta organele interne.

În general, animalelor din categoria meduzelor le lipseşte un astfel de spaţiu de stocare. Prezenţa spaţiului intern înseamnă că suprafaţa externă şi creşterea intestinului nu mai sunt legate între ele, permiţând dezvoltarea unor intestine mari şi complexe şi o dimensiune mai mare, în general. Intestinele mari şi dimensiunea mare sunt utile dacă principala ta ocupaţie este să-ţi mănânci tovarăşii.

Dacă asta este ocupaţia ta, vei avea nevoie de dinţi. Şi dacă vrei să eviţi să fii mâncat, vei avea nevoie de o armură. Animalele din Ediacaranul edenic erau în general moi, spongioase şi lipsite de apărare. Exilul din Eden a fost crud şi nemilos — şi declanşat de o altă mare prefacere din istoria Pământului.

*

S-a întâmplat în timpul unei alte perioade de eroziune puternică provocată de intemperii, chiar la sfârșitul Ediacaranului. Scoarța Pământului a primit o asemenea lovitură din partea vremii neprielnice, încât o mare parte din suprafața solului a fost erodată, dezintegrată până la roca de bază și deversată în mare. Acest fapt a avut două efecte: primul, nivelul mării a crescut considerabil, inundând coastele și creând mai mult spațiu pentru viața marină. Al doilea a fost apariția bruscă în mare a unor elemente chimice, precum calciul, un ingredient esențial pentru cochilii și schelete.[13]

Cele mai vechi schelete mineralizate au o vechime de aproximativ 550 de milioane de ani și au aparținut unui animal numit Cloudina. Arătau ca niște stive de conuri de înghețată foarte mici, vârâte unul în altul.[14] Fosile de Cloudina se găsesc în toată lumea și unele dintre ele prezintă dovezi că au fost găurite deja la acea dată de un prădător necunoscut, dar cu o limbă ascuțită.[15] Puțin mai târziu, cam acum 541 de milioane de ani, o urmă fosilă numită Treptichnus apare pe scară largă în registrul fosil. Treptichnus este un soi specific de vizuină pe fundul mării, construită de animale necunoscute. Ea marchează începutul perioadei Cambrian și cea de-a doua mare înflorire a vieții animale — animale care își făceau vizuini, înotau, se luptau și se mâncau unele pe altele. Ele aveau schelete dure, consolidate cu compuși de calciu. În plus, aveau dinți.

Probabil cele mai cunoscute animale din perioada cambriană sunt trilobiții. Aceștia erau artropode[16] — animale cu membre articulate — care arătau mai degrabă ca păduchii de lemn. Erau des întâlniți în mări de la începutul Cambrianului până în Devonian, când au intrat în declin. În cele din urmă, au dispărut la sfârșitul Permianului, acum 225 de milioane de ani.

Trilobiții sunt fosile relativ comune. Orice culegător de roci are cel puțin unul în colecția sa, dar familiaritatea și omniprezența lor nu ar trebui să ne facă să-i subestimăm. Trilobiții au fost extrem de frumoși și la fel de complecși ca orice animal viu din ziua de azi. Aveau exoschelete de care se puteau debarasa, năpârlind pe măsură ce creșteau, așa cum fac artropodele astăzi, de la cele mai mici musculițe până la cei mai mari homari. Probabil cei mai remarcabili erau

ochii lor, fiecare o colecţie de zeci, poate sute de fațete individuale, precum ochii unei libelule. Fiecare fațetă a fost prezervată în fosile sub formă de carbonat de calciu cristalin. A existat variație, evident: unii trilobiți aveau ochi enormi, pe când alții erau orbi; unii trilobiți s-au specializat în a scormoni pe fundul mării, pe când alții erau mai buni înotători.

Dar viața în Cambrian nu a însemnat doar trilobiți.

*

Într-o zi, în urmă cu aproximativ 508 milioane de ani, în Columbia Britanică de astăzi, o alunecare de teren a dus o parte din fundul oceanului la adâncimi mai mari — împreună cu tot ce trăia în, pe sau deasupra lui. Animalele au fost îngropate intacte, în condiții aproape lipsite de oxigen. Această înmormântare rapidă a garantat că animalele au rămas întregi. Până și detalii fine ale țesuturilor lor moi s-au păstrat aproape intacte în următoarea jumătate de miliard de ani. Între timp, rocile au fost comprimate, foarte încet, în șisturi și, în ultimele aproximativ 50 de milioane de ani, s-au ridicat din oceane pentru a se număra printre cele mai înalte vârfuri din America de Nord, unde, din 1909, când au fost descoperite, au devenit cunoscute sub numele de Șistul Burgess. Creaturile îngropate în el reprezintă un instantaneu rar al vieții pe fundul mării în perioada cambriană.

Și ce menajerie avem aici! O cavalcadă de membre țepoase, articulate, gheare zgomotoase și antene pufoase, toate atașate unor animale obscur înrudite cu crustaceele, insectele și păianjenii de astăzi. Unele dintre aceste creaturi erau foarte stranii chiar și în contextul diversității exuberante al artropodelor contemporane. Exista Opabinia, cu cei cinci ochi pețiolați ai săi și fălcile sale ciudate, așezate la capătul unui cioc flexibil asemănător cu un furtun.

Exista Anomalocaris, un prădător lung de un metru, ce străbătea adâncurile în căutare de pradă pe care s-o poată îndesa în gura sa circulară, ca un tocător de gunoi, cu cleștii ei ascuțiți.[17]

Și cel mai important, Hallucigenia, o creatură asemănătoare viermilor ce se târa pe fundul mării, protejată în partea de sus de rândul dublu de spini lungi și

masivi pe care îi avea pe spate.

În timp ce artropodele se târau pe fundul mării sau înotau deasupra lui, o lume de basm a viermilor fojgăia în mâlul de dedesubt.

Multe dintre creaturile descoperite în Șistul Burgess sunt doar vag înrudite cu animale existente în zilele noastre.[18] Cu toate acestea, putem distinge cu care dintre numeroasele grupuri majore de animale este înrudită fiecare fosilă, chiar dacă doar ca un văr îndepărtat și excentric. Pe lângă artropode — în sensul lor cel mai larg, inclusiv Hallucigenia și fosilele ce arată ca „viermii catifelați“ moderni care se plimbă prin frunzișul ce acoperă solul pădurii tropicale, fiecare arătând ca un vierme de pământ, dar cu picioare scurte și butucănoase, ca ale omulețului Michelin —, au existat câteva animale care erau înrudite cu diverse feluri de viermi ce își fac vizuina în nămol.

Ceea ce se poate spune pentru artropode este valabil și pentru moluște, care sunt pe atât de moi pe cât sunt artropodele de țepoase, cel puțin la interior. Wiwaxia combina corpul unui vierme segmentat cu limba ca un corn (radula) a unei moluște — aceeași radula care, la melcii moderni, face ravagii printre lăptucile din grădinile voastre. Totul îmbrăcat într-un costum de zale cum nu se poate mai diferit de aspectul unui melc.[19] Un alt animal cu radula, dar care altfel arăta ca un pat gonflabil încrucișat cu o râșniță de cafea, a fost Odontogriphus. Și acesta a fost o rudă a primelor moluște.[20]

În altă parte, a existat Nectocaris, o creatură foarte primitivă, fără cochilie, asemănătoare cu un calamar și cel mai vechi membru cunoscut al moluștelor cefalopode.[21] Astăzi, acest grup include una dintre cele mai inteligente și mai ciudate dintre toate nevertebratele, caracatița, și pe cea mai mare dintre ele, calamarul colosal. Istoria fosilă a cefalopodelor este la fel de grandioasă cum sugerează reprezentanții ei moderni, odată cu evoluția — la scurtă vreme după Nectocaris — a nautiloidelor, calamari cu cochilii în formă de trompetă, lungi de câțiva metri; și, în cele din urmă, în era dinozaurilor, a amoniților spiralați, dintre care unii au ajuns la dimensiunea unor roți de camion, ce străbăteau grațios oceanele.

De la descoperirea Șistului Burgess încoace, au fost găsite depozite similare, de vârste în mare parte similare. Ele includ fauna Chengjiang din sudul Chinei și se întind pe tot globul, din sudul Australiei până în nordul Groenlandei. Toate sunt remarcabile prin fidelitatea prezervării fosilelor lor, până în cele mai fine detalii.

Fosila chinezească Fuxianhuia, asemănătoare cu o crevetă, de exemplu, este cunoscută atât de detaliat, încât este posibil să-ți dai seama de conexiunile nervoase din creierul ei.[22]

*

O asemenea conservare extraordinară este extrem de rară. Ea este rezultatul unui asalt perfect de circumstanțe geologice și biochimia înhumării. În aproape toate cazurile când se descoperă fosile, ele reprezintă doar părțile dure, deja infuzate cu minerale: mai degrabă cochilii, oase și dinți decât nervi, branhii sau intestine. Fosile de aproximativ aceeași vârstă cu cele din Șistul Burgess erau cunoscute de foarte multă vreme, dar toate sunt de genul dur și calcaros: o moștenire a infuziei bruște de minerale în mare la sfârșitul Ediacaranului, care a permis animalelor să se îmbrace într-o armură.

Cu excepția originii vieții înseși, înflorirea formelor de viață care au apărut în Cambrian pe parcursul a doar 56 de milioane de ani nu a fost egalată de nimic din ce s-a petrecut înainte — și, trebuie spus, nici de atunci încoace. Cu toate că 56 de milioane de ani înseamnă o lungă perioadă de timp, următorii 485 de milioane de ani au înregistrat doar elaborări pe teme bine lucrate. Înseamnă, de pildă, mai puțin decât intervalul de 66 de milioane de ani care s-au scurs din momentul dispariției dinozaurilor.

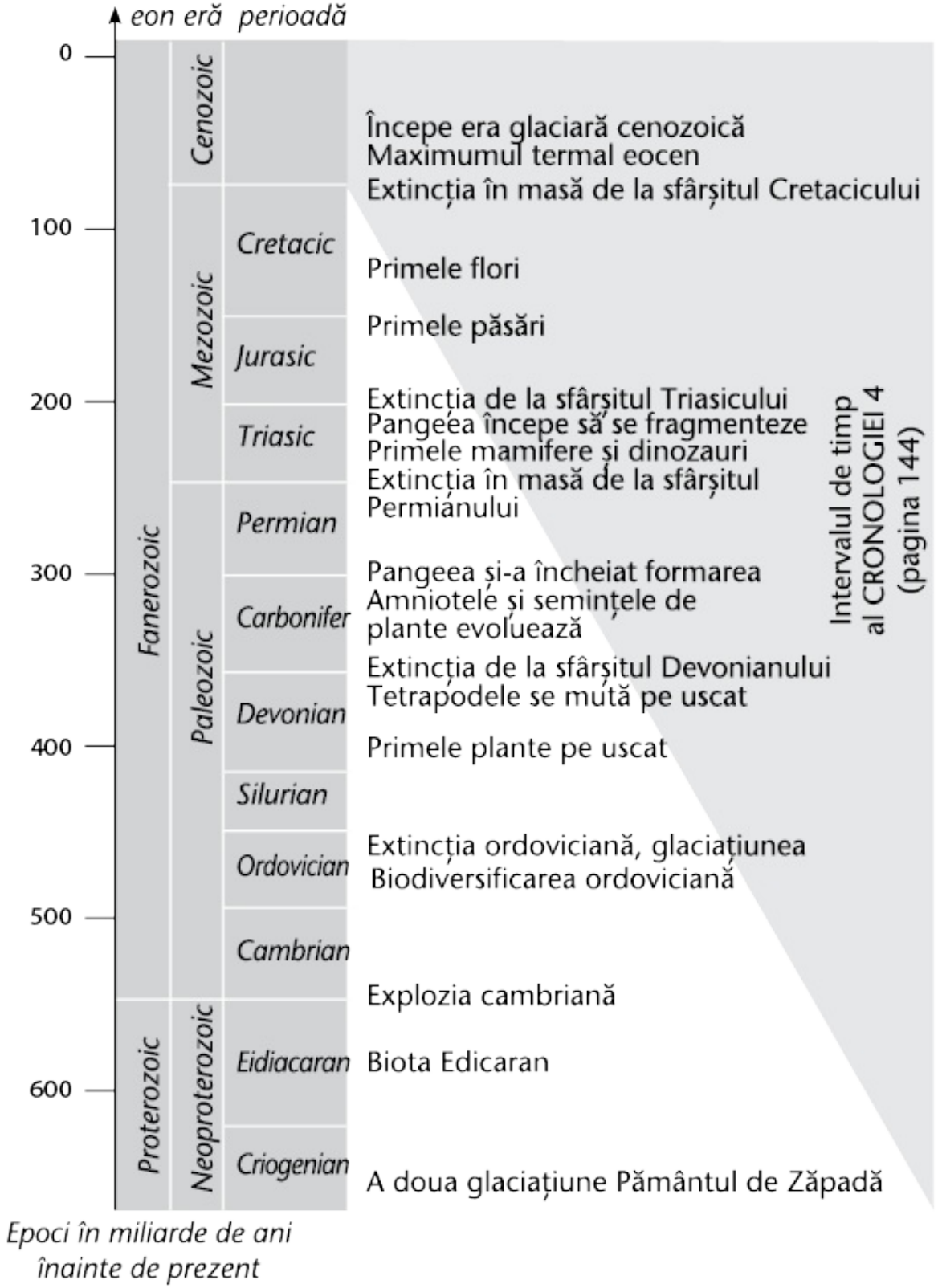
Nu degeaba această revoluție seismică în evoluție a devenit cunoscută sub numele de „explozia“ cambriană. Cu toate acestea, ea a fost mai puțin o detonare bruscă decât un huruit lent: a început cu destrămarea Rodiniei, cu evoluția și eclipsa faunei ediacarane, de o frumusețe stranie, și a continuat până în urmă cu aproximativ 480 de milioane de ani.[23]

*

Către sfârșitul perioadei cambriene, toate grupele importante de animale

existente și astăzi își făcuseră apariția în registrul fosilelor.[24] Nu doar artropodele și diversele tipuri de viermi, ci și echinodermele (animale cu pielea acoperită cu țepi, precum aricii-de-mare) și vertebratele (animale cu coloană vertebrală, care ne includ și pe noi). Una dintre cele mai timpurii a fost Metaspriggina, asemănătoare cu un pește, întâlnită în Șistul Burgess. În loc să aibă o armură exterioară de calcit, ea avea o coloană vertebrală internă, flexibilă, de care erau prinși mușchi puternici. O ajuta să înoate cu rapiditate, pentru a evita cursa coșmarescă în care era vânată de artropode gigant precum Anomalocaris.

Metaspriggina a fost unul dintre primii pești care și-au făcut intrarea în registrul fosil. Iar istoria lui poate fi regăsită în capitolul următor.



Cronologie 3. Viața complexă

3

Apare coloana vertebrală

Pe măsură ce oceanele calde, puțin adânci ale Cambrianului timpuriu se umpleau de zgomotul ascuțit scos de cleștii artropodelor, în mlaștina nisipoasă de granule minerale de dedesubt se puneau la cale alte evenimente. O micuță creatură numită Saccorhytus, nu mai mare decât un vârf de ac, ducea o viață modestă, filtrând detritusul din apa dintre granule.[1] Hrănirea prin filtrare nu era deloc nouă — bureții o făceau de 300 de milioane de ani —, iar multe alte creaturi, precum scoicile, o reinventau. Cernerea sedimentelor pentru a găsi bucățele comestibile este un mijloc ieftin și eficient de a trăi, mai ales pentru animalele mici, cu cerințe metabolice reduse. Saccorhytus era tocmai un astfel de animal.

De forma unui cartof, deși mult mai mic, Saccorhytus avea la un capăt o gură mare, circulară, gata să primească un curent de apă ce trecea printre rândurile de cili unduitori ca printr-un burete. De o parte și de alta a ei se întindea un șir de pori, asemenea hublourilor unui vapor, prin care ieșea apa filtrată. În interior, rețele de mucus lipicios rețineau particulele de detritus din curentul de apă. Aproape tot interiorul lui Saccorhytus era dedicat acestui aranjament gură-și-hublouri, cunoscut sub numele de faringe. Mucusul era rulat ca o funie și înghițit de un intestin. Acesta, împreună cu restul viscerelor animalului, era înghesuit într-un spațiu relativ mic din spate. Anusul era intern, iar fecalele erau eliminate prin hublouri, împreună cu sperma sau ovulele expulzate de către părinte pentru a-și încerca șansele în lumea exterioară.

*

Dar Saccorhytus era altminteri neajutorat, pradă capriciilor mediului său, la fel ca granulele minerale printre care trăia. Nenumărate animale erau fără îndoială înghițite de organisme nepretențioase ce se hrănesc prin filtrare, precum bureții sau scoicile, chiar dacă ele nu meritau atenția prădătorilor mai mari. Unii dintre descendenții lui Saccorhytus au evoluat, devenind mai mari, mai mobili, blindați

și aprigi — sau o combinație din toate acestea.

Pentru un animal, a fi mai mare înseamnă că este mai puțin probabil să fie înghițit întreg — deși ar putea risca să fie ciugulit bucată cu bucată. Pentru a evita această soartă, unele animale au dezvoltat armuri. Multe altele făcuseră deja asta, întărindu-și straturile exterioare cu carbonat de calciu pe care l-au extras din mările bogate în minerale. Carbonatul de calciu este unul dintre mineralele cele mai comune — intră în compoziția calcitului, cretei, calcarului și marmurei. Mările cambriene erau bogate în carbonat de calciu care, atunci când este modelat de viețuitoare, devine sidef: cochiliile scoicilor și crustaceelor, spiculele microscopice ale bureților și armătura pe care se construiesc formele fantastice ale recifelor de corali.

Unii dintre moștenitorii blindați ai Saccorhytus și-au creat propriile costume specifice de zale, fiecare inel fiind sculptat dintr-un singur cristal de calcit. Au devenit astfel echinoderme — cele cu pielea spinoasă — strămoșii stelelor-de-mare și ai aricilor-de-mare din ziua de azi. Toate echinodermele moderne au o formă distinctă a corpului, bazată pe numărul cinci, complet diferită de a oricărui alt animal. În Cambrian însă, formele lor au fost mult mai variate. Deși unele au avut o simetrie bilaterală, câteva au fost triradiale (cu o simetrie bazată pe numărul trei), iar altele, complet neregulate. Punctul de pornire a fost faringele gură-și-hublouri al Saccorhytus, deși acesta a fost înlocuit în timp de alte moduri de hrănire. Niciun echinoderm modern nu se hrănește în felul acesta.

*

Prin urmare, echinodermele au optat pentru o strategie de apărare blindată împotriva prădătorilor. O altă soluție este fuga — să te îndepărtezi de un atacator înotând cât de repede poți. Această soluție a fost adoptată de altă ramură de descendenți ai Saccorhytus. Unii dintre aceștia au împins afară o coadă șfichiuitoare din capătul din spate al faringelui, care să-i ajute să se îndepărteze — rapid — de orice potențială amenințare.

Inițial, aceasta a fost o tijă lungă, rigidă, dar flexibilă, care a evoluat dintr-o ramificație a intestinului. Ne putem imagina structura respectivă, numită

notocord, ca pe unul dintre acele baloane de forma unui cârnat pe care, la petreceri, animatorii le răsucesc creând forme uluitoare. Deşi foarte flexibil, atunci când nu era sub presiune, notocordul putea reveni la forma iniţială, lungă şi îngustă. Această proprietate îl făcea adecvat pentru ancorarea pe fiecare parte a unor rânduri de mușchi care se contractau și se relaxau alternativ, proiectând astfel corpul animalului într-o succesiune de curbe în formă de S și propulsându-l prin apă. Mușchii erau coordonați de ramificațiile distanțate regulat ale unui nerv care mergea de-a lungul suprafeței superioare — măduva spinării.

Animalele cambriene numite vetulicolieni sunt foarte apropiate de această descriere.[2] Un vetulicolian, lung de doar câțiva centimetri, are un faringe asemănător celui de Saccorhytus, la care se atașează o coadă segmentată. Deşi unii vetulicolieni înotau în larg[3], ei îşi petreceau cea mai mare parte a timpului îngropaţi în nisip, fiind vizibile doar gurile lor, şi absorbind liniştiţi sedimente. Dar dacă erau amenințați, puteau să șfichiuiască cu coada și să se îndepărteze rapid de pericol, așezându-se în alt loc și folosindu-și cozile pentru a săpa un nou refugiu în nisip. Verii vetulicolienilor au fost yunnanozoonii, la care coada şi faringele începuseră să crească împreună. La fel cum creştea înapoi, coada s-a extins şi înainte, peste capătul faringelui şi, în cele din urmă, l-a închis, pentru a crea o formă mai apropiată de cea a unui peşte.[4] Aşa arăta Pikaia, o creatură ciudată din Șistul Burgess.[5] Un alt animal de felul acesta a fost Cathaymyrus, care a trăit în Biota Chengjiang din China.

*

La prima vedere, Cathaymyrus arăta ca un file de anşoa. Deşi notocordul şi blocurile sale de mușchi erau uşor de văzut — partea din faţă închidea faringele —, îi lipseau multe lucruri. Un singur punct de pigment de la provă servea drept ochi. Era sans cap, sans solzi, sans urechi, sans nas, sans creier — sans mai nimic. Te-ai fi aşteptat să caute ajutorul Vrăjitorului din Oz: însă refuzase deschis orice invitaţie de a i se alătura lui Dorothy şi prietenilor ei în timp ce mergeau pe Drumul de Cărămizi Galbene. Cu toate acestea, Cathaymyrus şi rudele sale au trăit bine mersi, chiar dacă modest, timp de o jumătate de miliard de ani, îngropaţi, cu coada înainte, în interstiţiile ignorate ale lumii, unde şi-au petrecut aproape tot timpul filtrând detritus din apa de mare

într-o manieră seculară. Doar când erau amenințați îndrăzneau să se miște rapid, înotând până când găseau un refugiu sigur. Câteva dintre rudele lui Cathaymyrus au supraviețuit până astăzi, fiind cunoscute sub numele de lancelete sau amfiocși.

*

Cathaymyrus a combinat faringele și coada într-un singur animal simplificat. Totuși, unii dintre verii săi au adoptat un mod de viață complet diferit. În loc să integreze faringele și coada, aceste creaturi — tunicatele — le-au deconstruit, folosindu-l pe fiecare cât mai avantajos în diverse faze ele vieții.[7] Larva de tunicată este, în principal, o coadă cu un creier simplu, un punct ocular și un organ de detectare a gravității. Aceste simțuri sunt rudimentare, dar servesc nevoilor ei, și anume să deosebească lumina de întuneric și să detecteze direcția „în jos“. Larva are doar un faringe rudimentar și nu se poate hrăni. Lucru care este total conform cu scopul ei — acela de a căuta un loc, adânc și întunecat, unde să se poată stabili ca adult. Odată ce îl găsește, animalul își lipește mai întâi capul de loc. Coada este resorbită și creatura se umflă în ceea ce este în esență un faringe gigantic, menit să-l hrănească. Să fii fixat într-un singur loc te face o pradă ușoară, așa că tunicatele și-au dezvoltat propriile armuri sub forma unei „tunici“ (de unde și numele de „tunicate“) făcute din celuloză. Această substanță, altfel întâlnită doar la plante, este imposibil de digerat. Tunicile tunicatelor pot conține și alte substanțe exotice extrase din apa de mare, cum ar fi nichelul sau vanadiul, și sunt uneori rigidizate și de minerale. Tunicata Pyura, de exemplu, arată ca o piatră, doar că se deschide. Tunicatele au trăit în felul acesta începând din Cambrian.[8]

*

Tunicatele s-au hrănit întotdeauna prin vechiul sistem de filtrare gură-și-hublouri al faringelui inițiat de Saccorhytus.[9] Verii lor cei mai apropiați, vertebratele, au urmat o rută complet diferită. Ele au transformat ceea ce cândva oferea o

modalitate de fugă — notocordul și coada — într-un mijloc dedicat mișcării înainte. Cathaymyrus și rudele sale și-au folosit coada susținută de notocord doar pentru deplasări foarte scurte. La tunicate, coada întărită de notocord a evoluat, în majoritatea cazurilor, doar la larvă, unde a fost folosită, în mod specific, pentru a găsi un loc bun în care să se stabilească și, odată stabilită, acolo a rămas. Astfel de animale aveau nevoie doar de informații minime despre locul unde mergeau. Pentru ele, scopul cozii era plecarea rapidă într-o călătorie care se termina curând.

Pe de altă parte, nicio vertebrată nu și-a petrecut vreodată o parte importantă din ciclul său de viață fixată într-un singur loc.[10] Pentru a fi permanent la pândă era nevoie de un ansamblu de simțuri mult mai bogat. Vertebratele au dezvoltat ochi mari, pereche; un simț rafinat al mirosului; și un sistem elaborat de detectare a curenților de apă.[11] Au devenit mult mai sensibile la mediul lor și la poziția pe care o ocupă în cadrul acestuia decât oricare alți membri ai grupului Sacchorytus — tunicate, amfiocși, vetulicolieni, echinoderme și așa mai departe. Un sistem senzorial elaborat impunea un creier complex, centralizat. Creierele vertebratelor egalau sau chiar depășeau complexitatea creierelor altor animale foarte mobile, precum crustaceele, insectele sau acel decan al mișcării, caracatița, chiar dacă aceste creiere erau construite pe baza unor principii total diferite.

Și așa s-a făcut că, din întunericul fundului de mare cambrian, au apărut, ca niște licări de soare zburând prin apă, pești ca Metaspriggina,[12] Myllokunmingia și Haikouichthys.[13] Aceste creaturi ca niște așchii sunt dovada că vertebratele evoluaseră și erau răspândite pe la jumătatea Cambrianului. Acești primi pești aveau guri, dar nu și fălci, precum și faringe, deși el nu mai era folosit pentru hrănirea prin filtrare. Fiind animale mult mai active decât verii lor, tunicatele, vertebratele aveau nevoie de o mai bună aprovizionare cu oxigen. Vechile hublouri faringiene moștenite de la Saccorhytus s-au transformat în fante branhiale. Apa care intra pe gură era evacuată pe lângă branhii prin acțiune musculară. Branhiile fine, puternic vascularizate, extrăgeau din apă oxigen și eliminau bioxid de carbon. Vertebratele, așadar, au preluat faringele și l-au îmbunătățit. Câmpurile de cili ce se unduiau blând au fost înlocuite de rânduri de mușchi pentru ventilație, adică respirație, și pentru prinderea eficientă a prăzii.[14]

*

Vertebratele au nevoie de mai multă energie decât alte animale, în parte pentru că sunt, în general, mai mari. Balenele și dinozaurii — toate vertebrate — sunt cele mai mari animale care au existat vreodată, dar nu sunt singurele. Gândiți-vă la pești, precum rechinii balenă sau rechinii pelerini; la reptile, precum pitonul și alți boa constrictor, și la dragonul de Komodo; la mamifere, precum elefanții și rinocerii. Puține nevertebrate îi pot egala în mărime. Și noi, oamenii, suntem neobișnuit de mari pentru animale.[15] Este adevărat că unele vertebrate pot fi foarte mici, cântărind doar câteva grame: dar toate vertebratele sunt vizibile cu ochiul liber de către om. Multe nevertebrate, pe de altă parte, sunt greu de observat fără o lupă sau un microscop.[16]

Insectele sunt cele mai numeroase nevertebrate și se sprijină pe un schelet extern alcătuit dintr-o proteină flexibilă numită chitină. Când insecta trebuie să crească, își leapădă întregul schelet extern, se umflă și așteaptă ca scheletul nou creat, încă moale, să se întărească înainte ca ea să se poată mișca. Acesta este unul dintre motivele pentru care insectele sunt mici. Peste o anumită mărime, o insectă fără exoschelet va fi zdrobită sub propria-i greutate. Și verii apropiați ai insectelor, crustaceele, năpârlesc, însă ele trăiesc în principal în apă, care suportă greutatea lor. Prin urmare, crustaceele pot crește ceva mai mari decât insectele. Gândiți-vă, de exemplu, la crabi sau la homari, care pot crește mult mai mari decât orice insectă. Pe de altă parte, chiar și cel mai mare homar e un prichindel în comparație cu multe vertebrate.

*

Cele mai primitive vertebrate care trăiesc astăzi sunt lamprilele și mixinele. Acestea nu au armură exterioară și probabil că nu au avut niciodată. La fel ca Metaspriggina și alți pești extrem de timpurii, nu au fălci și înotătoare perechi. Alte vertebrate au adoptat, totuși, straturi groase de blindaj. Peștii blindați au apărut mai târziu în Cambrian. Deși le lipseau în continuare fălcile și erau susținuți la interior de un notocord, majoritatea peștilor timpurii erau îmbrăcați într-o armură.[17] Aceasta era adesea formată dintr-un set de plăci solide în jurul capului și faringelui, dar largă și solzoasă în partea din spate, pentru a-i permite

cozii să se miște. Armura nu era făcută din calcit (carbonat de calciu), ci dintr-un mineral diferit, hidroxiapatit, o formă de fosfat de calciu. Armura de fosfat de calciu este unică pentru vertebratele din regnul animal.[18]

Armura primilor pești era de obicei o variantă a unei prăjituri cu straturi groase de hidroxiapatit, de trei feluri. La bază era un strat spongios. În mijloc era unul ceva mai dens. Deasupra era un strat subțire de hidroxiapatit foarte dur și foarte dens. Aceste trei forme sunt astăzi cunoscute sub numele de „os“, „dentină“ și, în fine, „smalț“ — cea mai dură substanță creată de un organism viu. În zilele noastre, osul, dentina și smalțul apar, stratificate exact așa, în dinții noștri. Când țesuturile dure au apărut prima dată la vertebrate, ele erau, în esență, dinți răspândiți pe tot corpul. Chiar și azi, solzii rechinilor iau fiecare forma unui mic dinte, acesta fiind motivul pentru care pielea de rechin este abrazivă și a fost folosită cândva ca șmirghel.

Vertebratele au dezvoltat o armură din același motiv pentru care alte creaturi din Cambrian s-au înveșmântat în țesuturi dure — ca un mijloc de apărare.[19] Evoluția peștilor blindați a coincis cu apariția nautiloidelor prădătoare și a scorpionilor oceanici gigantici, numiți eurypteride.[20] Probabil cel mai înspăimântător eurypterid a fost Jaekelopterus, care a trăit în Devonian. O grozăvie cu ochi mari, bulbucați și clești uriași, el ajungea la aproape 2,5 metri și se hrănea, probabil, cu pești.[21]

*

Cel mai vechi grup de pești care s-au îmbrăcat în armură a fost cel al pteraspidelor. Deși scuturile capului au fost uneori extinse pe fiecare parte pentru a acționa ca hidroplane, pterapsidele nu aveau înotătoare flexibile pereche. Cu un blindaj gros la exterior, se știu puține lucruri despre felul cum arătau la interior, întrucât craniile lor erau făcute dintr-un cartilaj care se descompune ușor și erau susținute intern de un notocord cartilaginos spongios, dar elastic. La unii pești blindați, însă, cartilajul moale din interiorul capului a devenit mineralizat, iar asta înseamnă că formele creierului și vasele de sânge și nervii asociați au fost conservate în cele mai mici detalii. Aceste fosile arată că peștii blindați fără fălci erau construiți pe același model ca lamprilele — lamprile în armură.

Peștii blindați fără fălci au cutreierat mările din Cambrianul târziu până la sfârșitul Devonianului și au cunoscut o mare varietate de forme extraordinare. Unii erau împachetați într-o armură plată și își petreceau cea mai mare parte a timpului plutind pe fundul mării sau scurmând în mâl după detritus. La alții, cum ar fi eleganții thelodonți,[22] armura era o piele, precum cea de rechin, alcătuită din zale mai flexibile care permiteau o mișcare mai rapidă în largul mării.

*

Peștii cei mai vechi, precum Metaspriggina, aveau ochi pereche apropiați chiar în față, ca farurile de motocicletă. Nu era loc pentru nas sau nări. De miros se ocupau celulele din faringe, o rămășită din vechea moștenire de hrănire prin filtrare a vertebratelor. Însă la peștii pteraspizi, ochii au fost împinși către laturile capului pentru a face loc unei nări unice, situate în vârful capului. Creierul a fost împărțit în două emisfere, stângă și dreaptă, lărgind fața.[23]

Nara unică a pteraspidelor (la fel ca la lamprile) a dus la un organ senzorial unic — sacul nazal — legat de baza creierului. Unii pești fără fălci au evoluat totuși într-o direcție nouă. Fosilele creierului unui pește fără fălci, Shuyu, arată că el avea mai degrabă doi saci nazali, care se deschideau în cavitatea bucală, decât o singură nară care se deschidea separat, deasupra capului. Acest aranjament, ce mărea și mai mult fața, este în întregime caracteristic vertebratelor cu fălci — nu lamprilelor și nici pteraspidelor. Alți pești fără fălci avansați aveau în plus înotătoare pectorale pereche (perechea aflată imediat în spatele capului), ceva cu care nu se mândresc nici lamprilele, nici pteraspidele, dar o caracteristică tipică vertebratelor cu fălci. Prin urmare, terenul era pregătit pentru evoluția fălcilor.

Când peștii blindați au trecut acea graniță, ei au devenit un animal complet nou.[25] Astăzi, speciile cu fălci cuprind peste 99 % dintre vertebrate. Dintre vertebratele fără fălci, nu mai există decât lamprilele și mixinele.

*

Fălcile au evoluat când primul arc branhial — diviziunea cartilaginoasă dintre gură și prima fantă branhială — a fost articulat la mijloc și tăiat în două, în spate, pentru a deveni maxilarul superior și maxilarul inferior. Drept rezultat, prima fantă branhială a fost comprimată până când a devenit un orificiu minuscul, spiracul, chiar în spatele și deasupra maxilarului superior.

Primele vertebrate cu fălci au fost placodermii care, la prima vedere, semănau mult cu oricare alți pești blindați, cu scuturi pentru cap groase și osoase. O cercetare mai atentă dezvăluie, pe lângă fălci, și alte organe perfecționate întâlnite doar la vertebratele cu fălci, de pildă, un al doilea set de înotătoare pereche pe pectorali. Acestea erau înotătoarele pelviene, situate aproximativ de fiecare parte a anusului.[26] Placodermii își aveau originea în perioada siluriană și au prosperat până la sfârșitul Devonianului.

Placodermii mai primitivi, antiarhii, erau la fel de blindați ca orice pteraspid. În schimb, placodermii mai sofisticați, arthrodirii, purtau, în general (dar nu mereu), o armură mai ușoară, iar unul dintre ei — Dunkleosteus, care ajungea până la șase metri lungime și avea fălci mari și ascuțite, a devenit prădătorul numărul unu al oceanului din Devonian.

Observați că spun fălcile, și nu dinții lui Dunkleosteus, întrucât placodermii nu aveau niciun fel de dinți pe care i-am recunoaște astăzi.[27] Suprafețele tăioase ale fălcilor teribile pe care le aveau aceste creaturi erau formate chiar din marginile lustruite ale oaselor.

*

Unul dintre cei mai avansați placodermi a fost Entelognathus, chiar dacă, trăind în urmă cu 419 milioane de ani, în plin Silurian, se numără printre cei mai vechi pești cunoscuți.[28] Entelognathus avea capul și trunchiul puternic blindate caracteristice unui arthrodir, deși, cu o lungime de aproximativ 20 de centimetri, era mult mai mic decât monstruosul său văr Dunkleosteus.

Se deosebea de Dunkleosteus — și de orice alt placoderm — și prin aceea că

fălcile erau mărginite de oase recognoscibile prin comparație cu un pește modern osos: exista o falcă superioară (maxilarul) și o falcă inferioară (mandibula) distincte. Această creatură, Entelognathus, a fost cea mai veche vertebrată care putea arunca un zâmbet pe care l-am recunoaște.

*

Deși placodermii nu au supraviețuit la sfârșitul Devonianului, alte trei grupuri de vertebrate cu fălci au apărut din strămoșii placodermi. Ele au fost peștii cartilaginoși (rechini, calcani și neamul lor), peștii osoși (care includ majoritatea peștilor moderni, de la sturioni și dipnoi până la sardine și căluți-de-mare, precum și toate vertebratele de uscat, inclusiv pe noi, oamenii) și un alt grup complet dispărut, numit acantodieni sau rechini țepoși.

Acantodienii au trăit până în Permian, când au dispărut. La majoritatea peștilor cartilaginoși și osoși, notocordul — nuiaua fermă, dar flexibilă care susține corpul — este înlocuit, pe parcursul dezvoltării, de o structură segmentată, coloana vertebrală. La peștii cartilaginoși, coloana vertebrală este, bineînțeles, cartilaginoasă, deși uneori ea este într-o anumită măsură mineralizată. La peștii osoși, cartilajul este, în general, înlocuit prin os. Nu se știe dacă placodermii sau acantodienii aveau mai curând coloană vertebrală decât notocord, deși, dacă aveau, el ar fi fost cartilaginos.[29]

Acantodienii erau mai degrabă solzoși decât blindați și se distingeau prin spinul proeminent situat la capătul din față al fiecărei înotătoare. Însă anatomia lor internă era complet cartilaginoasă și destul de similară cu cea a rechinilor. Acantodienii au fost o ramură timpurie a peștilor cartilaginoși, un grup care supraviețuiește și prosperă până în ziua de azi.

Alături de Entelognathus, în mările siluriene a trăit un pește numit Guiyu. Acesta a fost cel mai vechi reprezentat cunoscut al peștilor osoși, grupul ce include vasta majoritate a vertebratelor actuale.[31] Au existat pești osoși care au trăit înainte de Guiyu, însă fosilele lor sunt mai degrabă fragmentare și controversate. Guiyu este însă special nu pentru că e bine conservat sau pentru că e un pește osos. Este special fiindcă s-a numărat printre cei mai timpurii pești care au

aparţinut unui grup cunoscut sub numele de peşti osoşi cu aripioare lobate, o ramură aparte de pești osoși care s-au transformat în vertebrate de uscat — inclusiv noi.

Invazia uscatului

Acum oceanele erau înțesate de creaturi, de la exuberanta explozie a vieții de la începutul Cambrianului și până la mările doldora de pești ale Devonianului. Însă puține organisme îndrăzniseră să se aventureze deasupra apelor, pe uscat. Și asta dintr-un motiv cât se poate de întemeiat.

În primul rând, multă vreme n-a existat decât foarte puțin uscat. La început, continentele s-au unit lent. Când plăcile tectonice s-au ciocnit, au apărut arcuri vulcanice, adică lanțuri de insule vulcanice. Jeturi de magmă din adâncul Pământului au străpuns scoarța, producând și mai multe. Acestor insule li s-au alăturat altele și, împinse laolaltă de planeta agitată de dedesubt, au devenit primele continente.

În al doilea rând, viața pe pământ este grea. Apa este un mediu prielnic. Fără forța ei portantă, creaturile simt fiecare gram din propria greutate, care îi trage în jos. Sub un soare dogoritor, țesuturile lor se usucă repede. Fără o peliculă constantă de apă, branhiile nu pot funcționa, așa că animalul este incapabil să respire. Orice aventurier curajos pe pământ ar fi fost zdrobit, deshidratat și asfixiat. Pionierii vieții pe uscat ar fi găsit acolo un mediu aproape la fel de ostil ca spațiul vid.

În plus, era neîndurător, nefiind nimic altceva decât rocă vulcanică aridă. Nu existau arbori care să ofere umbră, fiindcă aceștia nu evoluaseră încă. Nu existau soluri, cu excepția prafului agitat de vânt, fiindcă solurile în care cresc plantele sunt create și îmbogățite prin acțiunea viețuitoarelor — rădăcini, fungi, viermi ce-și construiesc viziuni. Pământul de deasupra apei era un deșert la fel de uscat și lipsit de viață ca suprafața Lunii ce continua să se profileze la orizont.

Dar, după cum am văzut, viața are tendința să facă față provocărilor. Un mediu complet nou, lipsit de competiția din oceanul foarte animat, oferea oportunități neexploatate de diversificare și dezvoltare pentru acele creaturi care puteau găsi modalități să-l îmblânzească. Primul pas l-a reprezentat colonizarea de către alge a lacurilor și cursurilor de apă din interiorul uscatului, ceea ce s-a întâmplat cu cel puțin 120 de milioane de ani în urmă.[1] Poate chiar și atunci cruste de bacterii,

alge și fungi să se fi ascuns în cotloane ferite de-a lungul țărmurilor sterpe. E posibil ca unele dintre animalele din Ediacaran în formă de frunză să fi petrecut ceva vreme la suprafața apei dacă erau prinse între maree.[2] În Cambrian, o creatură necunoscută s-a târât pe plajele joase, nisipoase ale continentului Laurentia,[3] lăsând dâre ciudat de asemănătoare cu niște cauciucuri de motocicletă.[4] Însă acestea au fost acte de bravură sfidătoare, ca și cum motocicliștii dăduseră câteva ture înainte să se refugieze din nou sub valuri. Viața se aventurase pe uscat, dar încă nu se hotărâse să rămână acolo.

*

Invazia uscatului a început cu adevărat la jumătatea perioadei ordoviciene, în urmă cu aproximativ 470 de milioane de ani[5] — cam în același timp cu un avânt al inovației evolutive în mările în care multe dintre creaturile stranii ale Cambrianului au fost înlocuite de cele ale unei distribuții mai moderne.[6] Plante mici, târâtoare, precum ficatele și mușchii, au creat milioane de capete de pod minuscule pe uscat. Sporii lor, duri și rezistenți la desicare, au fost cei care le-au permis să fie mai mult decât niște simpli vizitatori ocazionali. Primii copaci s-au înălțat spre cer la scurt timp după acea. Cei dintâi au fost nematofitele. Unul dintre ele, Prototaxites, avea un trunchi de peste un metru în diametru și creștea înalt de câțiva metri. Era mai degrabă un lichen gigant decât un copac, ba chiar o ferigă arborescentă — un fungus îmbinat cu o algă.

În adâncuri, Pământul continua să se miște. O serie de erupții vulcanice a aruncat roci care au reacționat cu bioxidul de carbon, eliminându-l din atmosferă. Fără bioxid de carbon care să întrețină efectul de seră, Pământul s-a răcit. În același timp, giganticul continent sudic Gondwana s-a deplasat către Polul Sud. Pe uscat s-au format din nou ghețari care au absorbit apa din mare, reducând nivelul acesteia. Drept urmare, s-a micșorat spațiul de pe platourile continentale unde trăiau majoritatea animalelor. Această epocă glaciară a durat în jur de 20 de milioane de ani, cu aproximativ 460 — 440 de milioane de ani în urmă. Ea nu a fost la fel de catastrofală precum cea întâlnită în Ediacaran, cu atât mai puțin decât cea care a alimentat Marele Eveniment de Oxidare. Cu toate acestea, multe specii de animale marine au murit.

*

Ca întotdeauna, viața a reacționat la mediul în schimbare. După glaciațiune, au apărut plante viguroase, asemănătoare cu ferigile, cu spori și mai rezistenți la desicare decât ai ficatelor. Depășite, ficatele au fost împinse în locuri umede și umbroase unde continuă să trăiască și astăzi. Cândva gol, Pământul s-a îmbrăcat într-un verde strălucitor.

Spre sfârșitul Silurianului, în urmă cu aproximativ 410 milioane de ani, au existat păduri de nematofite, mușchi și ferigi. Rădăcinile acestor plante au început să macine pietrele de sub ele pentru a produce sol. Odată cu solul s-au dezvoltat fungii de sol și unii dintre aceștia — micorizele — s-au unit cu plantele pentru a forma asociații avantajoase. Fungii s-au răspândit în sol, săpând după minerale esențiale pentru creșterea plantelor. La rândul lor, plantele au oferit hrană, creată prin fotosinteză. Plantele cu extensii micorizale pe rădăcini s-au dovedit a o duce mult mai bine decât plantele fără astfel de extensii. Astăzi, practic orice plantă crește mulțumită unei micorize ascunse în solul din jurul rădăcinilor sale.[7]

Expuse la vânt și intemperii, plantele împrăștiau păduchi, spori și alte materii și, în spațiile umede din frunzișul putrezit, au început să se târască mici animale.

*

Primele animale de uscat au fost niște mici artropode — centipedele; apoi niște animale asemănătoare păianjenilor, precum opilionii; și colembolele, veri apropiați ai insectelor care aveau curând să evolueze și să devină cele mai de succes animale terestre de pe Pământ, atât din punct de vedere al numărului de indivizi, cât și al speciilor.

Pe parcursul Devonianului, pădurile au crescut și s-au răspândit. Ele nu prea semănau cu pădurile de azi.[8] Primii arbori forestieri, cladoxylopsidele, de

exemplu, aduceau mai mult cu niște trestii gigantice, tulpinile lor goale, fără ramuri, înălțându-se la 10 metri și terminându-se cu niște structuri în formă de perie ca pământufurile pentru muște.[9] Adăugiri ulterioare au inclus plante ce semănau cu licopodele și cu coada-calului, Equisetum, întâlnite în locuri umede chiar și astăzi. Formele moderne sunt foarte mici; rudele lor străvechi erau uriașe.

Lepidodendronul ajungea până la 50 de metri înălțime, iar coada-calului, până la 20 de metri. Majoritatea acestor copaci erau goi pe interior. Nu aveau duramen și erau susținuți de inelele lor exterioare groase. Unii dintre copaci, precum Archaeopteris, aduceau mai mult cu copacii moderni și aveau duramen — doar că în loc să se reproducă prin semințe, ei împrăștiau spori, precum ferigile.

Această bogăție de plante ar părea, la prima vedere, o sursă de hrană prea bună pentru a fi ratată. Dar timp de milioane de ani, plantele nu au intrat în meniul animalelor. Țesutul lemnos este dur și nedigerabil, iar plantele produceau de asemenea substanțe chimice, cum ar fi fenoli și rășini, pe care animalele nu le tolerau. Materialul vegetal putea fi mâncat doar în momentul când era descompus de bacterii și fungi în detritus comestibil. Vreme îndelungată, plantele nu au fost atât o sursă de hrană, cât fundalul unor drame în miniatură, întrucât, pe sub stratul de frunze moarte, carnivore minuscule vânau detritivore minuscule. Hrănirea erbivoră era o deprindere ce mai avea de așteptat până să se dezvolte. Mai întâi de către insectele care au început să se hrănească cu părțile sensibile ale plantelor — structuri reproductive, precum conurile. Și apoi de un grup care doar ce ieșise din mare — tetrapodele.

*

Animalele, la fel ca întreaga viață, au apărut inițial în mare. Majoritatea descendenților lor sunt încă aici, iar vertebratele nu sunt o excepție. Chiar și astăzi, cele mai multe dintre vertebrate sunt pești. În acest context, tetrapodele — acele vertebrate care s-au mutat pe uscat — pot fi văzute ca un grup mai degrabă ciudat de pești care s-au adaptat la viața deasupra nivelului mării.

Originile lor se regăsesc înapoi în Ordovician, când au apărut primii peşti cu fălci, ca o parte componentă a marii înfloriri a biodiversităţii la acea vreme.[10] În Silurian, apăruseră mulţi peşti cu fălci, precum Guiyu cu care ne-am întâlnit în Capitolul 3. La aceşti peşti timpurii se combină caracteristici observate astăzi la două grupe foarte distincte. Prima, cea a peştilor osoşi cu înotătoare cu raze, include practic toţi peştii existenţi în momentul de faţă, de la aşa-numiţii „groupers“ la gourami, şi de la păstrăv la calcanul mare. La aceste specii de peşti, înotătoarele pereche sunt ancorate direct de oase în peretele corpului. Ei nu au fost întotdeauna atât de dominanţi. În timpurile străvechi, cei care stăpâneau au fost verii lor, peştii osoşi cu înotătoare lobate. După cum sugerează şi numele, la aceşti peşti înotătoarele pereche sunt ţinute departe de corp de extensii cărnoase solide susţinute de oase suplimentare.

*

Lobefinii au fost cândva un grup variat, care includea, printre alţii, onicodonţii, creaturi ale căror cranii aveau o structură necompactă şi care prezentau dinţi ciudaţi, ca nişte colţi de fildeş, şi rizodonţii, nişte prădători uriaşi. Cel mai mare rizodont, Rhizodus hibberti, ajungea până la o lungime de şapte metri. Între acestea exista o varietate de forme, mulţi fiind acoperiţi cu solzi groşi, placaţi cu un fel de smalţ.

Probabil cei mai conservatori lobefini au fost (şi sunt în continuare) celacanţii. Aceştia au apărut în Devonian[11] şi au arătat mai mult sau mai puţin la fel până când au dispărut în epoca dinozaurilor — sau aşa s-a crezut multă vreme. În 1938, a fost descoperit un specimen, decedat de puţină vreme, în largul coastelor Africii de Sud, unul dintr-o populaţie care trăieşte încă în vecinătatea Insulelor Comore din Oceanul Indian.[12] Mai recent, o altă populaţie a fost descoperită în Indonezia.[13] Aceste animale nu par mai deloc schimbate faţă de strămoşii lor îndepărtaţi din Devonian. Deşi cunoscute de către pescarii din zonă, ele s-ar putea să fi scăpat observaţiei ştiinţifice din cauza habitatului lor, apele adânci din apropierea falezelor submarine verticale.

Pe de altă parte, unii dintre peştii pulmonaţi s-au dezvoltat devenind aproape de nerecunoscut. Deşi Neoceratodus, peştele pulmonat australian, este un peşte de

apă dulce cu armură de solzi care seamănă foarte mult cu lobefinii străvechi, verii lui, sud-americanul Lepidosiren și africanul Protopterus, s-au schimbat atât de mult încât, în trecut, au fost confundați cu tetrapodele.[14]

Însuși numele lor ne poate da o idee despre particularitățile pe care le au.

Deși toți peștii au avut la început plămâni — inițial, o pungă ce a apărut din cerul gurii —, la cei mai mulți dintre ei, aceasta s-a separat, devenind o vezică cu gaz folosită pentru a regla flotabilitatea. La celacant, care este exclusiv un pește marin, este plină cu grăsime. Peștii pulmonați însă trăiesc în râuri și lacuri care pot seca, lăsându-i literalmente pe uscat. În consecință, ei își folosesc mult mai mult plămânii pentru a respira în mod direct, iar Lepidosiren trebuie efectiv să respire pentru a supraviețui. Asta nu înseamnă că peștii pulmonați sunt înrudiți îndeaproape cu tetrapodele. Adaptările lor la uscat au fost făcute în mod independent, iar la Lepidosiren și Protopterus membrele mai degrabă s-au atrofiat, transformându-se în niște structuri foarte subțiri, în loc să devină îndeajuns de solide pentru a susține greutatea animalului pe uscat. Cei mai timpurii pești pulmonați din Devonian au semănat mult cu alți lobefini din vremea lor.

Lucru valabil și pentru peștii ai căror veri s-au mutat în cele din urmă pe uscat. Creaturi precum Eusthenopteron și Osteolepis au fost pești în toată puterea cuvântului, însă verii lor apropiați evoluau deja către punctul în care viața deasupra apei avea să fie un răsfăț ocazional, iar mai apoi o obișnuință.

Mulți dintre acești pești au trăit în cursuri de apă puțin adânci, sufocate de ierburi, unde se hrăneau cu rudele lor mai mici. Unii au devenit mari și și-au folosit înotătoarele flexibile, susținute de oase, pentru a-și alege cele mai bune locuri în care puteau ataca prin surprindere trecătorii neatenți. Mulți rizodonți erau așa. Un alt grup, elpistostegalienii, au mers mult mai departe.

*

Elpistostegalienii au fost prădătorii absoluți ai apelor puțin adânci. Spre deosebire de majoritatea peștilor, care tind să fie comprimați lateral, ei erau aplatizați vertical, precum crocodilii — cu atât mai potrivit pentru pânda în apă

puțin adâncă. Pentru a completa imaginea, unii chiar aveau ochii plasați mai degrabă în vârful capului decât pe laterale. Înotătoarele lor nepereche — dorsală, anală și așa mai departe — erau reduse sau complet absente, iar înotătoarele pereche s-au transformat în ceea ce, de fapt, erau mici brațe și picioare, cu margini ca niște aripioare. Un exemplu tipic a fost Tiktaalik[15], de la sfârșitul Devonianului; un altul a fost Elpistostege[16]. Aceste animale măsurau cam un metru lungime, având aproximativ mărimea și forma unui crocodil mic. Aveau capete mari, plate, cu ochii plasați în vârful sau la mijlocul acestora, un corp sinuos și membre anterioare robuste, ca niște picioare. Oasele membrelor corespund în detaliu cu cele ale vertebratelor de uscat. Acești pești aveau plămâni și probabil nu-și foloseau foarte mult branhiile interne. Partea de sus a craniului, care, în mod normal, s-ar fi extins peste regiunea branhiilor, este mai degrabă scurtă și forma un „gât“ distinct, cu atât mai folositor pentru un prădător de ambuscadă ce trebuie să-și întoarcă rapid capul pentru a prinde o pradă care se deplasează repede. Elpistostegalienii erau tetrapode în aproape toate privințele, cu excepția tivului de aripioare care le împodobea picioarele în loc de degete.

*

Tiktaalik, Elpistostege și verii lor au trăit acum aproximativ 370 de milioane de ani, către sfârșitul Devonianului. Istoria lor însă este mult mai veche. Unul din grupa lor schimbase razele înotătoarelor cu degetele cu cel puțin 25 de milioane de ani mai devreme. Acum vreo 395 de milioane de ani, unul dintre ei a lăsat urme de pași pe o plajă din ceea ce este astăzi Polonia centrală.[17] Nimeni nu știe ce fel de tetrapod a creat acele urme, dar numai un tetrapod le-ar fi putut lăsa.

Pe lângă vechimea lor, ceea ce este șocant e că nu au fost făcute în apă dulce, ci pe un sol mareic, lângă mare. Cele mai vechi tetrapode au apărut direct din ocean, ca Venus.[18] Ele erau adaptate la apă sărată sau poate la apa mai sălcie din estuare.[19]

*

Și totuși, dedesubtul a toate acestea, Pământul continua să se miște. De la destrămarea supercontinentului Rodinia, continentele fuseseră împrăștiate, separate. Încet-încet, valul de derivă continentală ce durase o jumătate de miliard de ani începea să se inverseze. Extincția ordoviciană, când marele continent sudic Gondwana s-a deplasat spre Polul Sud, a fost un vestitor al evenimentelor ce aveau să vină.

Către sfârșitul Devonianului, Gondwana și două mase continentale nordice mari, Euramerica și Laurussia, începuseră să-și găsească drumul una spre cealaltă. Coliziunea avea să producă lanțuri enorme de munți și o singură masă continentală, enormă — Pangeea. Fuzionarea continentelor și-a făcut încă o dată simțite efectele asupra creaturilor care trăiau pe suprafața sa: la fel cum se împrăștie jucăriile și firimiturile, cărțile și alte chestii de la micul dejun când sunt scuturate cearșafurile pe care au fost lăsate neglijent. Acțiunea intemperiilor asupra munților nou formați a absorbit bioxid de carbon din aer, reducând efectul de seră și declanșând o întoarcere a ghețarilor în continentul polar sudic Gondwana. În alte părți, vulcanismul a făcut ravagii. Încă o dată, se anunța extincția.

Majoritatea extincțiilor au avut loc în mare. Coralii au fost grav afectați. Bureții care formau recife, numiți stromatoporoide, comuni în Devonian, au dispărut treptat[20] și pe recife au reapărut stromatoliții. Cataclismele au adus sfârșitul ultimilor pești blindați, fără fălci, a placodermilor și a majorității lobefinilor. Alte grupe au supraviețuit, totuși. Perioadele finale ale Devonianului au fost marcate de o diversificare a tetrapodelor.

*

La început totuși tetrapodele au stat foarte mult în apă. Chiar dacă aveau picioare terminate cu degete, ele ocupau nișe acvatice de prădători prin ambuscadă similare nișelor de rizodonți și elpistostegalieni pe care i-au înlocuit. Oricare ar fi fost rolul membrelor cu degete, ele nu evoluaseră în mod specific pentru viața pe uscat.

Printre cele mai primitive tetrapode s-au numărat Elginerpeton[21] din Scoţia şi Ventastega[22] din Letonia, Tulerpeton[23] şi Parmastega[24] din Rusia, şi Ichthyostega din mlaştinile tropicale din estul Groenlandei de astăzi. Parmastega arăta şi trăia la fel ca Tiktaalik sau ca un caiman modern; când cutreiera apele, doar ochii i se vedeau la suprafaţă. Ichthyostega era măricel — în jur de un metru şi jumătate lungime —, cu o constituţie solidă şi o coloană vertebrală cu o formă ciudată ce sugera că, dacă s-ar fi mişcat pe uscat, mai degrabă s-ar fi târât ca o focă în loc să-şi folosească picioarele groase şi butucănoase.[25] Acanthostega, tot din Groenlanda, era pe jumătate cât Ichthyostega şi mult mai suplu. Deşi avea picioare, acestea se iţeau pe laturi şi aveau o formă complet nepotrivită pentru a se deplasa undeva. Avea branhii interne — la fel ca un peşte — aşa că trebuie să fi fost obligat să stea exclusiv în apă.[26] În schimb, contemporanul său din Pennsylvania, Hynerpeton, era musculos şi capabil să trăiască pe uscat.[27] Către sfârşitul Devonianului, tetrapodele deveniseră un grup foarte divers, dar, în principal, acvatic, de peşti ciudaţi cu înotătoare lobate, cu picioare.

*

Am putea crede, totuşi, că primele tetrapode nu erau foarte hotărâte în privinţa picioarelor sau, cel puţin, a mâinilor şi labelor piciorului. Tulerpeton avea şase degete la fiecare membru; Ichthyostega, şapte; Acanthostega, nu mai puţin de opt.[28] De atunci încoace, multe tetrapode au evoluat şi au pierdut degete, ba chiar membre întregi, dar astăzi niciun tetrapod nu are, în mod normal, mai mult de cinci degete per membru. Membrul cu cinci degete (pentadactilitate) pare atât de normal, încât ni l-am putea imagina ca pe un arhetip în mintea lui Dumnezeu, rara creatură cu şase degete fiind o ofensă la adresa ordinii naturale.

*

Primul val de diversificare a tetrapodelor a supravieţuit sfârşitului Devonianului, dar a fost înlocuit treptat, în perioadele ulterioare din Carbonifer, de o faună mai „modernă“, alcătuită din creaturi mai mici şi mai suple.[29] Acestea arătau mai

degrabă ca salamandrele decât ca peștii și se hotărâseră câte degete urmau să afișeze la capătul fiecărui membru.

În urmă cu aproximativ 335 de milioane de ani, pe când Pangeea era pe cale de a se suda în forma sa finală, pădurile întunecate, pline de aburi din ceea ce este astăzi West Lothian, Scoția, erau pline de târâtoare înfiorătoare și de croncănitul primelor tetrapode, într-un mediu vulcanic și legat poate de izvoarele termale. Într-o măsură atât de mare încât una dintre tetrapodele din acel filon bogat a primit numele de Eucritta melanolimnetes — Creatura din Laguna Neagră.[30]

*

Chiar și atunci când dezvoltaseră picioare suficient de puternice pentru a le susține greutatea pe sol, a existat un aspect al vieții primelor tetrapode care le-a legat de apă — reproducerea. La fel ca amfibienii moderni, aceste tetrapode timpurii s-au bazat pe întoarcerea la apă pentru a se înmulți. Puii lor trebuie să fi fost precum mormolocii — creaturi asemănătoare peștilor, cu înotătoare și branhii pentru respirație.

Cu toate acestea, era pe cale să apară un grup de animale care avea să revoluționeze reproducerea și să permită cucerirea finală a uscatului. În pădurile de cărbune, în mijlocul croncăniturilor altor vertebrate de uscat timpurii, a goanei scorpionilor de mărimea unor câini mari și în prezența amenințătoare a uriașilor scorpioni-de-mare euripterizi care urmaseră tetrapodele pe țărm, trăia un animal pe nume Westlothiana. Această creatură mică, asemănătoare cu o șopârlă[31], era apropiată din punct de vedere evolutiv de strămoșii unui grup de tetrapode care depuneau ouă cu coajă tare, rezistentă la apă. Fiecare ou fiind un iaz privat, ele puteau fi depuse la distanță de apă, în final tăind legătura dintre viața vertebrată și mare.

Acestea au fost animalele care, într-o bună zi, aveau să se transforme în reptile, păsări și mamifere.

Ridicați-vă, amniote

Pădurile de Archaeopteris și cladoxilopside au fost spulberate de extincțiile apărute ca urmare a formării supercontinentului Pangeea. Coralii și spongierii care construiseră marile recife ale oceanelor devoniene au fost nimiciți. Toți peștii blindați — placodermii — au murit, împreună cu majoritatea peștilor cu înotătoare lobate, cu excepția câtorva trilobiți. Spuma, mâzga, filamentele cianobacteriilor au pătruns și au preluat controlul. Așa cum o făcuseră la începuturi, stromatoliții au pus stăpânire asupra recifelor, cel puțin pentru o vreme.[1]

Extincțiile au însemnat un pas în spate pentru cele dintâi tetrapode ale căror prime incursiuni curajoase pe uscat au fost, literalmente, oprite brusc. Acele tetrapode care au supraviețuit extincției au rămas aproape de apă și, preferabil, în ea.

Au existat însă unele care s-au regrupat și au încercat să recucerească pământul sub cerul dușmănos. Acestea au fost de un tip foarte diferit de primele tetrapode, creaturi care, în ordinea din natură, nu erau decât niște pești cu picioare.

Chiar la începutul Carboniferului, o creatură lungă de un metru, care aducea puțin cu o salamandră, numită Pederpes, s-a târât pe mal.[2] Spre deosebire de extravaganța polidactilă a primelor tetrapode, precum Acanthostega și Ichthyostega, Pederpes stabilise tiparul ce avea să dăinuie până în zilele noastre, cu nu mai mult de cinci degete per membru — deși fosila sa indică faptul că a păstrat și un al șaselea deget vestigial, o amintire a timpurilor trecute.

Pederpes era relativ gigantic pentru epoca lui, totuși. El împărțea lumea sa cu nenumăratele tetrapode mult mai reduse ca dimensiuni[3] ce colindau malurile apelor după artropode mici, precum milipedele, sau duceau mici bătălii pe viață și pe moarte cu scorpionii — și lupte pe scară mai largă cu astfel de eurypteride care au ajuns pe țărm, pe urmele prăzii lor străvechi.[4] Aceste prime tetrapode din Carbonifer, deși mult mai bine adaptate la viața pe uscat decât rudele lor devoniene, nu s-au îndepărtat mult de apă. Ele au trăit în văi care erau adesea inundate. Călătoria lor pe uscat avansase puțin, dar era încă ezitantă,

provizorie.

Unele tetrapode timpurii din Carbonifer au rămas însă acvatice. Câteva au reuşit să-şi piardă membrele pe care le dobândiseră cu puţin timp în urmă. Crassigyrinus — un prădător lung de un metru, asemănător cu o murenă, cu membre mici şi fălci uriaşe burduşite de dinţi, era o ameninţare acvatică care pândea în râurile şi lacurile de la începutul Carboniferului. Câteva au mers şi mai departe. Nişte amfibieni mici şi sinuoşi, numiţi aistopode, şi-au pierdut complet membrele.[5] Aceste creaturi reprezentau o întoarcere la o epocă dispărută, tetrapode care nu părăsiseră deloc apa. Devotamentul tetrapodelor faţă de uscat a fost, timp de milioane de ani, echivoc.

*

Plantele de uscat care ascundeau tetrapodele în urma extincţiilor de la sfârşitul Devonianului erau, la fel ca tetrapodele însele, mici şi ierboase în comparaţie cu strămoşii lor. A durat ceva ca pădurile să se regenereze, dar când au făcut-o, au devenit cele mai puternice păduri tropicale pe care lumea le văzuse vreodată. Ele erau dominate de exemplare de coada-calului înalte de 20 de metri, precum Calamites, şi de mușchi licopod, precum Lepidodendronul, care se ridica la 50 de metri înspre un cer care nu era albastru, ci maro şi mirosea a ars.

Majoritatea copacilor de astăzi cresc încet şi trăiesc zeci, chiar sute de ani. Corpurile lor sunt susținute de un miez de lemn. Aproape de coajă, coloane de vase transportă în sus apă către frunze, pentru a alimenta fotosinteza, şi în jos zaharuri proaspăt produse, pentru a hrăni rădăcinile şi restul plantei. Fiecare copac se va reproduce de multe ori în timpul lungii sale vieţi. În pădurea tropicală, frunzele din coroană umbresc o mare parte din solul de dedesubt şi creează complet separat, la înălţime, deasupra solului întunecat al pădurii, un ecosistem de animale şi plante care ajung rareori, dacă nu cumva niciodată, să atingă pământul.

Pădurile licopode din Carbonifer nu au fost deloc aşa. Licopodele, la fel ca înaintaşii lor devonieni, erau goale pe interior, susținute mai curând de o coajă groasă decât de duramen şi acoperite de solzi verzi, ca nişte frunze. Ba chiar

întreaga plantă — cu tot cu trunchiul și coroana de ramuri care atârnau — era solzoasă. Lipsit de canale pentru a transporta hrana, fiecare solz era fotosintetic, furnizând hrană țesutului din apropiere.

Și mai ciudat pentru noi, acești copaci își petreceau cea mai mare parte din viață sub forma unor cioturi modeste înfipte în pământ. Un copac creștea doar atunci când era gata să se reproducă, un țăruș care se ridica precum un foc de artificii cu încetinitorul,[6] pentru a exploda într-o coroană de ramuri care avea să împrăștie spori în vânt.

Odată ce sporii erau împrăștiați, copacul murea.

De-a lungul multor ani de intemperii, fungii și bacteriile rodeau coaja până când aceasta cădea pe solul îmbibat de apă. O pădure licopodă arăta precum peisajul dezolant de pe Frontul de Vest în timpul Primului Război Mondial: cioturi goale presărate printre cratere, pline cu apă murdară și moarte; copaci ca niște catarge, fără urmă de frunze sau ramuri, ridicându-se dintr-o mocirlă putredă. Nu era mai deloc umbră și nici subarboret, cu excepția litierei tot mai adânci care se forma în jurul epavelor sfărâmate ale trunchiurilor de licopode.

*

Viața haotică a licopodelor a avut consecințe imense pentru întreaga lume. Creșterea rapidă și repetată a copacilor licopozi folosea o cantitate uriașă de carbon, toată provenită din bioxidul de carbon din atmosferă. Acest consum extravagant — precum și erodarea intensă a munților nou creați — a contribuit la reducerea efectului de seră și la o nouă înălțare a ghețarilor în jurul Polului Sud.

În al doilea rând, cele mai multe dintre creaturile care sunt astăzi responsabile cu dezmembrarea copacilor morți — termite, gândaci, furnici și așa mai departe — încă nu evoluaseră. Existau totuși câteva animale capabile să se hrănească cu materie vegetală. Printre ele se numărau palaeodictyopterele, una dintre primele grupe de insecte care au dezvoltat aripi și au zburat. Unele dintre aceste animale erau de mărimea ciorilor și nu aveau două perechi de aripi, cum au insectele moderne,[7] ci trei. În fața celor două perechi obișnuite exista o pereche de aripi

mici, vestigiale, rămășițe ale unui stadiu anterior al insectelor zburătoare cu multe aripi, care nu mai există astăzi. În plus, aveau piese bucale proeminente, sugătoare, precum gândacii. Zburând mult deasupra solului, coborau pe licopode pentru a se hrăni cu organele lor moi, producătoare de spori.[8]

În al treilea rând, toată acea fotosinteză producea cantități enorme de oxigen liber. Exista atât de mult oxigen în atmosferă încât fulgerele puteau să aprindă copacii ca pe niște torțe, chiar și în pădurea mlăștinoasă plină de apă, producând mase de lignit și făcând cerul să fie mereu înnegrit și plin de fum.

Lignitul, îngroparea rapidă și rata foarte mică de putrezire au însemnat că multe trunchiuri de licopode au fost repede îngropate întregi în solul pădurii și că, 300 de milioane de ani mai târziu, au apărut sub formă de cărbune. Acesta este cărbunele care dă numele întregii ere — Carbonifer —, deși pădurile de cărbune au dăinuit mult și în Permian. Aproximativ 90 % din depozitele de cărbune cunoscute au fost depuse într-un singur interval impetuos de 70 de milioane de ani, era pădurilor de licopode.[9]

*

În lumea aceea, amfibienii au prosperat, evoluând într-o varietate de forme. Pe când cei mai mici se zvârcoleau și își făceau vizuini în maluri, vânând scorpioni mici, păianjeni și cosași, verii lor mai mari au rămas acvatici, cutreierând apele după prăzi mai mici sau repezindu-se la efemeridele gigantice, la paleodictyoptere, la libelulele de mărimea pescărușilor ori alte insecte cu aripi care se întâmplau să coboare pe suprafața apei.

Unii dintre amfibieni au fost, după cum sugerează numele lor, cumva la mijloc, preferând un stil de viață mai terestru. Amniotele au evoluat din rândurile lor. La început, așadar, amniotele semănau mult cu amfibienii cu care împărțeau aceeași lume: toate erau creaturi relativ mici, asemănătoare cu o salamandră.[10] Ca și amfibienii, ele o zbugheau și se ascundeau în cioturile ca niște găuri de obuz ale licopodelor, ieșind afară pentru a se hrăni cu gândaci și peștișori de argint, și evitând să atragă atenția unor creaturi mai mari, coșmarești, pe care abundența de oxigen le transformase în monștri. Aceste amniote se fereau de înțepăturile

scorpionilor mari cât un câine, se ascundeau de milipedele lungi și întinse cât covoarele fermecate și probabil tremurau în fața nemiloaselor eurypteride, scorpioni-de-mare țepoși și semănând cu un tanc, lungi de doi metri, care părăsiseră oceanul urmărindu-și prada ce evolua rapid — peștii.

*

Pentru un amfibian, să depună ouă în această Grădină a Deliciilor Pământești era extrem de periculos. Să se reproducă în apă, precum broaștele moderne, însemna să ofere o gustare facilă oricărui pește care trecea sau altui amfibian. Amfibienii au fost nevoiți să găsească diverse modalități de a-și proteja puii. Unii stăteau de pază deasupra locurilor de reproducere. Alții au căutat iazuri sau bălți aflate la distanță de largul oceanului — în cioturi de copaci, de exemplu; sau poate că își depuneau icrele adunate în mase gelatinoase în vegetația care atârna deasupra apei, așa încât, atunci când eclozau, mormolocii cădeau direct în ea. Alții au prelungit stadiul larvar, ieșind din ou nu ca mormoloci, ci ca adulți în miniatură, complet echipați să o rupă la fugă la cea mai mică amenințare. Alții n-au umblat cu jumătăți de măsură și au păstrat ouăle în corpul mamei, poate chiar hrănindu-le cu țesut matern și născând pui mari și vii.[11]

Amniotele au mers mai departe. Adaptarea lor nu a avut de-a face cu locul în care își depuneau ouăle, ci cu ouăle însele. Neajutoratul, bietul punct negru al unui embrion era înconjurat nu doar de gelatină, ci și de o serie de membrane care țineau la distanță lumea periculoasă cât de mult posibil.

Una dintre membrane era amniosul, o scufie impermeabilă care oferea embrionului propriul iaz privat și propriul sistem de susținere a vieții.[12] O veziculă vitelină îi asigura hrana. O altă membrană, alantoida, colecta și înmagazina reziduurile embrionului. Toate acestea erau înconjurate de corion și, de jur împrejurul acestuia, era coaja.

Cojile primelor amniote erau moi și aveau aspectul pielii, semănând mai degrabă cu cojile ouălor de șarpe sau de crocodil decât cu ouăle tari și cristaline ale păsărilor.[13] Și, lucru demn de subliniat, ouăle amniote nu necesitau genul de îngrijire parentală elaborată și consumatoare de energie pe care amfibienii

trebuiau să o dedice ouălor lor. Ouăle amniote puteau fi depuse, îngropate sub frunze moarte sau în interiorul unui buștean putred care să le țină de cald și apoi lăsate acolo.

În primul rând, oul amniot a fost doar o altă modalitate prin care amfibienii să crească șansele ca puii lor să nu fie mâncați înainte de a ecloza. Dar aceste ovipare timpurii elaboraseră și un mod de a se elibera cu totul de apă. Oul amniot era ca un costum spațial pentru colonizarea unei lumi noi și ostile — o lume complet îndepărtată de apă.

Pe parcursul a câteva milioane de ani, adevăratele amniote evoluaseră. Nu mai erau mici și asemănătoare cu salamandrele, erau mici și asemănătoare cu șopârlele. Animale precum Hylonomus și Petrolacosaurus arătau similar și făceau cam aceleaşi lucruri — umblau după insecte și alte animale mici care nu puteau să scape de fălcile lor înfometate. Cu toate acestea, ele erau apropiate de liniile evolutive care, într-un final, aveau să producă șerpi, șopârle, crocodili, dinozauri și păsări. Destinul lui Archaeothyris avea să fie însă altul. Această creatură era un pelicozaur, un membru al grupului de reptile ai căror descendenți urmau să includă mamifere, printre care și noi.

*

Evoluția oului amniot a fost cheia succesului vertebratelor pe uscat. Lumea plantelor a răspuns și ea în felul său provocării aridității prin evoluția semințelor la o serie de rude asemănătoare vag cu ferigile a ceea ce aveau să devină, în cele din urmă, conifere. Acestea au fost semințele de ferigă.

Ficatele și mușchii, cele mai vechi plante de pe uscat, sunt precum amfibienii, în sensul că reproducerea lor este total dependentă de apă. Plantele masculi produc spermă care înoată prin stratul umed ce învelește frunzele și tulpinile unor astfel de plante iubitoare de apă, în căutarea ouălor plantelor femelă pentru a le fertiliza. Un ou fertilizat se transformă într-o plantă care nu produce ouă sau spermă, ci particule mici numite spori. Aceștia se răspândesc în mediu și, acolo unde se așază, germinează, generând și mai multe plante producătoare de ouă și spermă.

Și astfel ciclul continuă, cu generații alternative de plante producătoare de celule sexuale (gametofite) și producătoare de spori (sporofite). Deși sporii sunt adesea rezistenți la desicare, sperma și ouăle nu sunt, acesta fiind motivul pentru care mușchii și ficatele sunt întotdeauna legați de apă.

La mușchi și ficate, plantele gametofite și sporofite arată destul de similar. Ferigile însă tind să semene foarte mult cu sporofitele. Ferigile pe care le vedem în păduri și pe câmpuri sunt toate sporofite. Sporii sunt produși în șiruri lungi de capsule aflate sub frunze. Gametofiții, în schimb, sunt mici, delicați și misterioși și nu seamănă deloc cu ferigile: și, deoarece produc ouă și spermă care se mișcă printr-o peliculă de apă, au nevoie de locuri umede pentru a supraviețui. La fel se întâmplă și cu uriașele licopodiu și coada-calului din marile păduri carbonifere.

La anumite ferigi totuși gametofiții s-au micșorat atât de mult, încât aproape că nu se mai deosebeau de celulele sexuale pe care le produceau. De fapt, erau atât de mici, încât întreaga generație gametofită a fost închisă în spori, care pot fi masculini sau feminini. La unele specii, sporii-femelă au avut tendința să rămână mai curând atașați de plantă decât să fie împrăștiați în mediu. Sporii masculi aveau să fie duși la femelă de vânt. Oul, odată fertilizat, devenea o sămânță, adăpostită într-o coajă dură, rezistentă și avea să germineze doar atunci când erau îndeplinite condițiile adecvate. Evoluția seminței, la fel ca evoluția oului amniot, a permis plantelor să se elibereze de tirania apei.

*

Extinderea impetuoasă a pădurilor carbonifere nu a durat. Odată cu deplasarea lentă spre nord a supercontinentului Pangeea, a venit și vremea reglării de conturi. Regiunile cele mai sudice, care cândva ocupaseră Polul Sud și fuseseră acoperite cu gheață în cea mai mare parte a Carboniferului târziu și la începutul Permianului, s-au eliberat din nou de gheață. Dar, odată cu fuziunea continentelor nordic și sudic, apa caldă, ecuatorială nu a mai putut circula ușor în jurul globului. Era prea mult pământ în calea sa.

Exista însă un ocean care clocotea de viață. Acesta era Thetys, un mare golf tropical mărginit de recife în partea estică a supercontinentului Pangeea, care

făcea ca acesta să arate ca un „C“ uriaș.

Configurația uscatului — fără nicio modalitate ușoară ca apa ecuatorială să înconjoare Pământul — a însemnat că țărmurile oceanului Thetys au devenit sezoniere. Anotimpurile lungi, secetoase erau întrerupte de ploi musonice cumplite, similare celor ce inundă astăzi India, dar la o scară globală.[14] Acest climat sezonier a fost prea mult pentru pădurile tropicale dominate de licopode, care aveau nevoie de umiditate tropicală tot anul. Pădurile tropicale s-au redus la petice izolate. Excepția a reprezentat-o China de Sud, pe atunci un continent insular aflat în estul îndepărtat al oceanului Tethys, care a conservat pădurile de licopode: un ținut uitat de timp.

Pădurile au fost înlocuite de un amestec de ferigi-copaci producătoare de spori, semințe de ferigi și licopode mai mici, în general adaptate unui climat mai regulat în care, în cea mai mare parte a anului, era uscat și foarte, foarte umed. Departe de zonele de coastă, deșerturile se extindeau.

*

Efectul dispariției pădurilor carbonifere asupra destinului amfibienilor și reptilelor a fost puternic.[15] Amfibienii au suferit, dar reptilele au reușit să reziste și s-au adaptat oportunităților oferite de climatul mai uscat.

Deși mulți dintre amfibieni au continuat să arate precum crocodilii și să trăiască în apropierea apei, unii au răspuns provocării vieții de deșert și aveau un pronunțat aspect reptilian. Printre ei s-a numărat și Diadectes, un animal asemănător cu un rinocer, care ajungea până la trei metri lungime, fiind un fel de deschizător de drumuri. A fost una dintre primele tetrapode care a adoptat o hrană radical nouă — vegetarianismul. Până atunci, toate tetrapodele se hrăniseră cu insecte, pești sau se mâncaseră unele pe altele. Carnea este greu de prins, dar când se întâmplă asta, se digeră ușor și rapid. Plantele, pe de altă parte, sunt constrânse să rămână pe loc și să lupte, și fac asta cu țesuturi dure, fibroase în care fiecare celulă este blindată în spatele unui zid de celuloză nedigerabilă.

Dacă materia vegetală nu poate fi descompusă mecanic — iar primele tetrapode nu aveau dinți care să macine foarte eficient — ea trebuie adunată, tocată,

înghițită și lăsată să fermenteze lent, precum compostul, într-un intestin încăpător, sub acțiunea unei serii de bacterii, nutriția sărăcăcioasă eliberând energie foarte încet. Acesta este motivul pentru care erbivorele tind să fie mari, să se miște încet și să mănânce practic tot timpul. Lui Diadectes i s-au alăturat primele reptile erbivore. Printre ele s-au numărat pareiazaurii masivi și plini de negi, urmași ai micului Hylonomus, asemănător cu o șopârlă, ca un bizon pe steroizi, și o varietate de pelicozauri, ca de pildă, Edaphosaurus, o creatură mai elegantă care etala pe spate o membrană susținută de țepi vertebrali mari și alungiți.

Aceste erbivore erau vânate de amfibieni ce trăiau pe uscat, precum Eryops, care arăta ca un broscoi ce se credea aligator. Dacă ar fi avut roți, ar fi fost un vehicul blindat pentru transportul trupelor. Cu dinți. În competiția pentru locul întâi, Eryops se lupta cu alți pelicozauri cu creastă dorsală, precum Dimetrodon.

*

Spre deosebire de mamifere și păsări, reptilele și amfibienii nu au niciun fel de control intern al temperaturii corpului. Amorțite și lipsite de apărare în frig, ele trebuie să se încălzească la soare înainte să poată deveni active. Lucrul acesta a creat o ocazie favorabilă pentru acele animale care se puteau încălzi și răci mai repede decât altele. Pelicozaurii au fost printre primele tetrapode care au preluat controlul activ al metabolismului lor. Când stăteau cu aripile întinse în lateral către soare, Edaphosaurus sau Dimetrodon se puteau încălzi mult mai repede decât reptilele lipsite de un asemenea avantaj — și puteau fi primii pe terenurile de vânătoare. Pe de altă parte, când aripile erau plasate cu marginea spre soare, ele puteau disipa căldura mai repede. Pelicozaurii au mai făcut un truc: spre deosebire de majoritatea reptilelor, ale căror fălci aveau rânduri de dinți ascuțiți identici, pelicozaurii au început să dezvolte dinți de mărimi diferite, ceea ce le-a permis să proceseze mai eficient hrana.

Aceste adaptări — reglarea căldurii și dezvoltarea unor dinți de diferite mărimi — au fost semne a ceea ce urma să se întâmple.

*

Un descendent din linia pelicozaurilor a fost Tetraceratops,[16] care a trăit în deşerturile din Permianul timpuriu de pe teritoriul actualului stat Texas. Deşi foarte asemănător cu un pelicozaur, craniul şi dinţii săi prezintă semne că aveau să se schimbe în ceva cu totul diferit, un nou ordin de reptile la care unele dintre inovaţiile metabolice ale pelicozaurilor au fost duse mult mai departe. Aceste creaturi au primit denumirea de terapside.[17] Numite de obicei „reptile asemănătoare cu mamiferele“, ele au fost grupul din care aveau să evolueze, în cele din urmă, mamiferele. Dar, în Permianul mijlociu, toate astea mai au de aşteptat câteva zeci de milioane de ani.

Terapsidele se deosebeau de pelicozauri şi alte reptile prin aceea că aveau tendinţa să-şi ţină membrele în sus şi sub corp în loc să le întindă în lateral. Aveau o varietate mare de dinţi interesanţi, adaptaţi tipului lor de hrană, şi aveau sânge cald; adică, îşi puteau regla metabolismul independent de ceea ce făcea soarele. Terapsidele au dominat ţinuturile uscate, marcate de anotimpuri, ale supercontinentului Pangeea. Ele i-au eclipsat pe pelicozauri, rudele lor, şi i-au împins pe amfibienii mai iubitori de uscat înapoi în apă.

Pentru fiecare nişă ecologică pe care o oferea Permianul mijlociu şi târziu, a existat un terapsid care s-a inserat perfect în ea. Erbivorele terapside timpurii au inclus monştri de două tone, precum Moschops. După acestea au urmat dicinodonţii, pare-se cele mai de succes şi mai urâte tetrapode care au călcat vreodată pe planetă. Aceste creaturi de forma unui butoi variau în mărime, de la cea a unor câini mici până la cea a unor rinoceri. Capetele lor erau mari, însă feţele erau turtite de parcă şi-ar fi petrecut toată viaţa împingând maşini parcate. Toţi dinţii fuseseră înlocuiţi de un cioc cornos, cu excepţia unei perechi de canini superiori foarte mari, ca nişte colţi de fildeş. Deşi numiţi erbivore, dicinodonţii înfulecau tot ce le ieşea în cale şi puteau îndesa în gură. Unii dintre cei mai mici se ascundeau în vizuini. Ambele obiceiuri, după cum s-a dovedit, îi vor ajuta să se protejeze de apocalipsa care avea să vină.

Dicinodonţii erau vânaţi de prădători feroce — verii lor terapsizi, gorgonopsienii. Ca şi dicinodonţii, aceştia variau în mărime, de la dimensiunea unor bursuci până la cea a unor urşi, dar, cu excepţia faptului că evitau maşinile parcate, altminteri erau foarte similari. Patrupede mari, longiline, ei aveau canini

enormi, comparabili cu ai tigrilor cu dinţi-sabie. Alte carnivore terapside au fost cinodonţii. Aceştia tindeau să fie mai mici decât gorgonopsienii, iar ultimii au fost chiar mai mici.

Pe parcursul Permianului, cinodonţii au dispărut din prim-plan. Ei erau mici, uneori nocturni. Aveau creiere mari şi dinţi clar diferenţiaţi în incisivi, canini şi molari. Aveau blană şi mustăţi. Împărţeau marginile lumii lor cu descendenţii mici, în general asemănători cu şopârlele, ai Petrolacosaurus şi Hylonomus.

*

În perioada sa de maximă expansiune, Pangeea se întindea aproape de la un pol la altul. Unirea continentelor într-o singură masă continentală a avut consecinţe drastice asupra vieţii atât pe uscat, cât şi în oceane. Pe uscat, forme de viaţă care fuseseră cândva endemice pentru anumite continente s-au amestecat şi contopit cu altele. Competiţia între băştinaşi şi nou-veniţi a fost aprigă şi numeroase specii de animale au pierit.

Viaţa marină a fost foarte înfloritoare pe platoul continental, partea de mare aflată cel mai aproape de uscat. Când continentele s-au unit, platoul continental a devenit insuficient pentru toată lumea. Prin urmare, competiţia pentru spaţiu vital în mare s-a intensificat şi ea.

*

Climatul însuşi a devenit mai provocator. Interiorul supercontinentului Pangeea era preponderent uscat, chiar dacă era lovit de inundaţii musonice anuale, şi — odată cu deriva nordică a întregii mase continentale — adesea foarte fierbinte. Deşi regiunile sudice răcoroase ale sale erau acoperite de un tufăriş aparent nesfârşit de ferigă arborescentă numită Glossopteris, viaţa vegetală nu mai era la fel de luxuriantă ca înainte. O viaţă vegetală mai săracă însemna că exista mai puţin oxigen decât fusese cândva, aşa încât, la sfârşitul Permianului, să respiri la

nivelul mării era ca și cum ai încerca astăzi să tragi o gură de aer în Himalaya. Viața terestră rămânea fără suflare.

*

Și avea să vină ceva și mai rău, fiindcă se apropia Armaghedonul. Spre sfârșitul Permianului, o coloană de magmă[18] care se ridicase din adâncul Pământului timp de milioane de ani a întâlnit scoarța și a topit-o.

În Permianul târziu, nu era nevoie să coboare cineva în fundul Pământului pentru a găsi iadul, pentru că iadul ieșise el la suprafață. Se afla pe teritoriul Chinei de astăzi, unde ceea ce fusese cândva o zonă acoperită de păduri tropicale luxuriante s-a transformat într-un cazan de magmă, lavă vâscoasă și o pătură de gaze nocive care au sporit efectul de seră, au dus la acidificarea oceanele și au rupt în bucăți stratul de ozon, distrugând scutul terestru împotriva radiațiilor ultraviolete.

Viața nu-și revenise încă după acest dezastru când, aproximativ 5 milioane de ani mai târziu, a venit o altă lovitură. Coloana de magmă din China, după cum s-a dovedit, nu era decât hors-d'oeuvre. Felul principal a fost o și mai mare coloană de magmă care, ridicându-se din adâncurile Pământului, a străpuns suprafața acestuia în ceea ce este astăzi vestul Siberiei.

Solul a crăpat. Lava care se scurgea din nenumărate fisuri a pavat, în cele din urmă, o zonă de mărimea actualului teritoriu continental al Statelor Unite, de la țărmul estic până la frontul Munților Stâncoși, cu un strat de bazalt negru, gros de mii de metri. Cenușa, fumul și gazul care au însoțit-o au ucis aproape toată viața de pe planetă. Dar nu pe loc: tortura s-a prelungit de-a lungul a jumătate de milion de ani de agonie toxică.

Primul dintre preparatele malefice a fost bioxidul de carbon, suficient pentru a crea un efect de seră care a ridicat temperatura medie a suprafeței Pământului cu câteva grade. Deja lipsite de oxigen și luptând cu căldura înăbușitoare, părți din Pangeea au devenit complet nelocuibile.

Efectul asupra recifelor care mărgineau Oceanul Thetys a fost pur și simplu

catastrofal. Algele iubitoare de soare care trăiau în interiorul polipilor gelatinoşi ce alcătuiau recifele de coral erau extrem de sensibile la temperatură. Când temperatura mării a crescut, ele şi-au părăsit casele, lăsând polipii să moară.[19] Decolorat şi mort, coralul s-a sfărâmat. Coralii netezi şi rugoşi, elementul de bază al ecosistemelor recifului timp de milioane de ani, erau deja în declin ca urmare a schimbării nivelurilor mării, însă evenimentul siberian a fost picătura care a umplut paharul.[20] Fără corali, nenumăratele organisme care depindeau de ei pentru habitat au murit şi ele.

Dar asta n-a fost tot. Vulcanii au pârjolit cerul cu acid. Bioxidul de sulf s-a ridicat mult în atmosferă, unde a contribuit la formarea unor particule microscopice care au permis ca vaporii de apă să se condenseze şi să producă nori ce au reflectat lumina solară în spaţiu, răcind suprafaţa Pământului, chiar dacă temporar. Arşiţa a fost întreruptă de perioade de frig glacial. Şi când ploaia a început să cadă pe pământ, bioxidul de sulf a devenit un acid care a eliminat viaţa vegetală din pământ, a calcinat solul şi a ars arborii, transformându-i instantaneu în cioturi înnegrite. Urme de acid clorhidric şi chiar fluorhidric au înteţit durerea. Şi înainte să fie eliminat de ploaie, acidul clorhidric a deteriorat stratul de ozon care proteja Pământul de razele ultraviolete periculoase.

În vremuri normale, planctonul din mare şi plantele de pe uscat ar fi curăţat o mare parte din bioxidul de carbon. Însă viaţa vegetală era deja sub stres. Aşa că, în loc să fie absorbit de plante, bioxidul de carbon a fost spălat de ploaie, crescând viteza de eroziune.

Fără plante care să stabilizeze solul, intemperiile l-au curăţat complet, lăsându-l gol. Marea a devenit o supă groasă şi tulbure nu doar cu sedimente, ci şi cu crutoane din cadavrele organismelor — plante şi animale — ucise în măcelul de pe uscat. Bacteriile de putrefacţie au început să lucreze asupra rămăşiţelor, folosind puţinul oxigen rămas. Algele toxice care înfloresc pe un cadavru aveau mult de digerat până să dispară şi acesta. Acizii care clocoteau în apă corodau cochiliile oricărei creaturi pe care o atingeau, dizolvându-le. Chiar dacă au supravieţuit în marea întunecată şi stătătoare, scheletele mineralizate de care depindeau multe creaturi marine au devenit subţiri şi fragile, până când nu s-au mai putut transforma deloc în cochilii.

Şi aveau să vină şi altele. Coloana din manta a destabilizat depozitele de gaz metan, până atunci captive în gheaţă sub Oceanul Arctic. Gazul a ieşit şuierând la suprafaţa mării cu un bubuit şi o spumă care a fost proiectată la sute de metri

în atmosferă. Metanul este un gaz de seră mult mai puternic decât bioxidul de carbon. Efectul de seră a crescut vertiginos; lumea a ajuns pe punctul de a lua foc.

Și dacă asta nu era de ajuns, la fiecare câteva mii de ani, erupțiile trimiteau fuioare de vapori de mercur în atmosferă[21] pentru a otrăvi tot ce nu fusese încă asfixiat, gazat, ars, fiert, fript, prăjit sau dizolvat.

*

În final, la fiecare 20 de specii de animale marine, 19 dispăruseră; la fiecare 10 specii de animale terestre, dispăruseră peste 7 specii. Printre animalele moarte erau unele care nu lăsaseră niciun fel de descendenți sau rude apropiate.

Extincția a ucis ultimii trilobiți, de exemplu. Aceste creaturi agitate asemănătoare cu un păduche de lemn umblaseră pe fundul mării și înotaseră deasupra lui încă de la începutul Cambrianului. În Permian, însă, erau în declin de multă vreme și nu mai rămăseseră decât foarte puține, așa încât plecarea lor definitivă s-a desfășurat în liniște, într-o cheie minoră.

La fel și blastoidele, un grup de echinoderme pedunculate. Între Cambrian și Permian au existat nu mai puțin de 20 de tipuri de echinoderme, blastoidele fiind printre ultimele care au supraviețuit. Cu toate acestea, echinodermele care încă există sunt, în multe cazuri, atât de familiare, încât orice căutător pe plajă le consideră ceva normal. Astăzi, există doar cinci tipuri: stele-de-mare, ofiuride, castraveți-de-mare, arici-de-mare și stele-cu-pene.[22]

Totuși, ar fi putut foarte ușor să fie doar patru. Însă pentru numai două specii dintr-un gen de arici-de-mare care au rezistat furtunii, aricii-de-mare ar fi fost și ei condamnați la uitare. Supraviețuitorii nu s-au dat bătuți cu una, cu două, evoluând și diversificându-se în toți aricii-de-mare care trăiesc astăzi. Deși cei moderni sunt foarte diverși, de la globularii arici violeți până la dolarii-de-nisip aproape plați, aricii-de-mare din Paleozoic au fost și mai variați. Cu toate acestea, toți aricii-de-mare moderni se trag din fondul genetic limitat care a fost moștenirea celor puțini ce au supraviețuit cataclismului. Însă fără dârzenia acestor câtorva martori la distrugere, aricii-de-mare ar fi lipsit cu desăvârșire de

pe țărmurile moderne și ar fi fost la fel de îndepărtați și de exotici pentru noi ca și blastoidele.[23]

Practic toate crustaceele au pierit fie arse de acid, fie înecate în resturile descompuse într-o mare fără aer. Doar foarte puține specii au supraviețuit. Una dintre ele a fost Claraia, o bivalvă care arăta mai degrabă ca o scoică Saint Jacques. În Permian și înainte de el, regii mării au fost niște creaturi numite brahiopode. La prima vedere, acestea arată ca niște moluște bivalve, în sensul că au corpuri moi, închise în două cochilii, precum mâinile împreunate pentru rugăciune, și trăiesc cernând detritusul din apă. Extincția de la sfârșitul Permianului a înclinat balanța. Aproape toate brahiopodele au dispărut, iar astăzi sunt jucători foarte mici în ecosistemul oceanic modern. Prada de război i-a revenit speciei Claraia și descendenților ei, lucru care explică de ce astăzi țărmurile sunt pline de bivalve, precum scoicile cardium și midiile (și scoicile Saint Jacques), iar brahiopodele se întâlnesc în general doar ca fosile. Extincția de la sfârșitul Permianului a avut consecințe de durată asupra formei de viață care se fac simțite până în zilele noastre.

*

Pe uscat, generații întregi de amfibieni și reptile au fost spulberate. Legiunile de pareiazauri greoi, cu coarne și plini de negi, au dispărut toate. Nici pelicozaurii cu creastă dorsală nu au supraviețuit Permianului. Ca și majoritatea rudelor lor, terapsidele. Vastele turme de dicionodonți care păștеau coada-calului și ferigi pe câmpiile Permianului, au fost aproape în întregime sacrificate, la fel ca gorgonopsienii cu dinți-sabie care îi vânaseră.

Amfibienii au fost aproape complet forțați să se retragă în apa din care apăruseră în Devonian. Toți cei care își construiseră o viață pe uscat, adoptând obiceiuri reptiliene, au dispărut. Strămoșul tuturor amniotelor apăruse din acest grup de creaturi, la începutul Carboniferului, făcând viața terestră o propunere mult mai viabilă. Printre viețuitoarele de astăzi nu întâlnim nimic asemănător.

*

Porţile iadului, întredeschise în China şi deschise larg în Siberia, absorbiseră aproape toată viaţa în abis. Pământul s-a transformat într-un deşert pustiu şi tăcut, puţina viaţă vegetală rămasă agăţându-se de epava unei planete muribunde. Oceanul era practic mort. Recifele dispăruseră, fundul mării era acoperit cu un covor rău mirositor de mâzgă. Era ca şi cum viaţa fusese catapultată înapoi în Precambrian.

Însă viaţa avea să revină. Şi când a făcut-o, a fost sub forma celui mai pitoresc şi mai zgomotos spectacol de splendoare pe care lumea l-a văzut vreodată.

Triasic Park

După dezastrul care a însemnat sfârșitul perioadei permiene, recuperarea a durat zeci de milioane de ani. Lumea, cândva plină de viață atât pe mare, cât și pe uscat, era relativ pustie. Pregătită, așadar, pentru oportuniști — precum absolut remarcabilul Lystrosaurus.

Cu corpul unui porc, atitudinea intransigentă față de hrană a unui golden retriever și capul unui deschizător de conserve electric, Lystrosaurus era echivalentul animal al unei erupții de buruieni în craterul lăsat de o bombă. Lystrosaurus a fost un dicinodont, un membru al acelui grup odinioară mare și variat de creaturi, terapsidele, care dominaseră uscatul în Permian. Obiceiul său de a se ascunde în vizuini pentru a evita pericolele s-ar putea să-l fi salvat de apocalipsul în care și-au pierdut viața cei mai mulți dintre semenii săi.

După apariția sa, succesul s-a datorat în întregime atitudinii sale de tip „mergi oriunde, mănâncă orice“ și craniului său care era mai mult lat decât lung. Mușchi masticatori masivi puneau în mișcare o mandibulă care își pierduse toți dinții, mai puțin un cioc cornos cu margini ascuțite. Maxilarul superior era de asemenea redus la o lamă, cu excepția unei perechi de canini alungiți ca niște oase de fildeș, pe fiecare parte a unei fețe turtite. Capul puternic funcționa ca un excavator — săpând, scurmând, cosind și aruncând cu nemiluita orice găsea în gura-i care mesteca încontinuu.

Imediat după extincție, și timp de multe milioane de ani după aceea, viața pe uscat a fost o cvasi-monocultură de Lystrosaurus. Aceștia cutreierau în turme toată Pangeea și erau la fel de fericiți în rarele zone împădurite sau umede ca în deșerturile fierbinți și uscate, tipice pentru acea perioadă. Existau, fără îndoială, și alte animale, dar nouă din zece erau un Lystrosaurus: posibil cel mai de succes vertebrat de uscat care a trăit vreodată.

*

Aşadar, în afară de Lystrosaurus, ce a supravieţuit? Interesul amfibian pentru o viaţă mult mai terestră al unor animale, precum Diadectes şi Eryops, nu a dăinuit. Amfibienii triasici erau acvatici, cu obiceiuri şi aspect similare crocodililor. Unii dintre ei însă erau masivi — şi câteva dintre tipurile mai mari au supravieţuit până la jumătatea Cretacicului, relicve străvechi ale unei ere dispărute, când şi acestea au dispărut definitiv. În cele din urmă, premiul a revenit formelor mai mici. Prima broască, Triadobatrachus, a apărut in Triasic.

Deşi răspândit în toată lumea, Lystrosaurus a fost mult mai puţin comun în regiunile din nordul şi sudul extrem al supercontinentului Pangeea, mai ales la începutul Triasicului. Regiunile polare ale Triasicului timpuriu, deşi mai reci decât zona ecuatorială toridă, erau aride între cursurile de apă în care amfibienii gigantici continuau să facă legea.

*

Urmaşii reptilieni ai Triasicului au descins din aceste câteva creaturi mici care s-au strecurat sub picioarele (şi în vizuinile) de Lystrosaurus în timpul extincţiei.

Odată ajunse în Triasic, s-au diversificat foarte rapid într-o varietate uluitoare de forme, o ripostă sfidătoare la evenimentele care aproape că au distrus iremediabil viaţa.[1] Multe dintre aceste reptile nou apărute s-au îndreptat spre apă.

Alături de broaşte, broaştele-ţestoase au fost un grup de animale care au apărut în Triasic şi, la fel, s-au diversificat în apă. Deşi forma triasică Proganochelys arăta ca o ţestoasă de uscat modernă, cu o carapace pe deplin formată de jur împrejur, printre alte ţestoase triasice s-au numărat Odontochelys, care avea o carapace pe deplin formată pe burtă (plastronul), însă deasupra doar o carapace parţială, alcătuită din coaste late;[2] Pappochelys, de mărimea unei broaşte-ţestoase de apă dulce, la care carapacea şi plastronul nu erau încă formate pe deplin;[3] şi Eorhynchochelys, lungă de un metru, care nu avea nici plastron, nici carapace şi prezenta o coadă lungă, foarte atipică broaştelor-ţestoase, împreună cu un cioc tipic de ţestoasă.[4] Triasicul a fost o epocă de aur pentru ţestoase, cvasi-ţestoase şi chiar imitaţii de ţestoase, în care ele au adoptat o varietate foarte

mare de forme și moduri de viață.

Oarecum asemănători cu țestoasele au fost placodonții,[5] reptile marine lente, cu corpuri groase, adeseori blindate cu o carapace și dinți ca niște pietre tombale, adaptați pentru a zdrobi cochiliile de moluște. În timp ce placodonții scurmau în mâl după crustacee, alte reptile — notozaurii și destul de asemănătorii talatozauri și pachypleurozauri — străbăteau în viteză apele strălucitoare de deasupra în căutare de pește. Aceste creaturi erau agere, cu gâturi și cozi lungi, și membre care serveau ca înotătoare. Notozaurii erau înrudiți cu plesiozaurii, animale adesea mai mari și chiar mai acvatice, care au evoluat mult mai târziu. Dar, la fel ca placodonții, și notozaurii, pachypleurozaurii și talatozaurii au trăit și au murit în Triasic.

În apele puțin adânci, colinda după pradă, și anume după pește, Tanystropheus, o creatură lungă de șase metri al cărei gât era la fel de lung sau chiar mai lung decât corpul și coada la un loc. Și mai curios, gâtul era foarte rigid, fiind alcătuit doar din vreo douăsprezece vertebre extrem de lungi. Dintre toate ciudățeniile carnavalului reptilian care a fost Triasicul, Tanystropheus a fost una dintre cele mai bizare.

Veneau apoi drepanozaurii.

Aceste creaturi neobișnuite petreceau mult timp atârnând deasupra apei, suspendate de cozile lor prehensile, prevăzute la capăt cu o gheară rigidă care acționa ca o ancoră. Astfel agățate și ajutate de gheare ca niște cârlige dispuse pe unul dintre degetele fiecărui membru anterior, ele loveau puternic apa pentru a prinde pești pe care, în cele din urmă, îi străpungeau și îi înghițeau cu ciocurile lor lungi ca de pasăre.[6]

În mările triasice trăiau și hupehsuchidele[7], un mic grup de reptile acvatice cu membre scurte și butucănoase și boturi lungi, ca un cioc. Aceste creaturi bizare erau înrudite cu ihtiozaurii — cele mai mari reptile acvatice. Ihtiozaurii, care au apărut tot în Triasic, aduceau întrucâtva cu delfinii. Trăiau exclusiv în mare și nășteau pui vii, precum balenele, unii dintre ei ajungând chiar la dimensiunile unei balene. Shonisaurusl8 din Triasic ajungea la 21 de metri lungime, fiind nu doar cel mai mare ihtiozaur, ci și cea mai mare reptilă marină cunoscută. Deși ihtiozaurii au trăit până târziu în Cretacic, nu a existat niciun animal care să-i egaleze în perioada lor de glorie din Triasic.

*

Pe uscat, monstruoşii pareiazauri cu coarne şi plini de negi din Permian îşi păscuseră ultima masă: nu însă şi verii lor mult mai mici şi destul de îndepărtaţi, procolofonidele. Aceste creaturi mici, îndesate şi ţepoase, aveau cranii mari pline de dinţi adaptaţi pentru a sfărâma vegetaţia sau insectele. În orice tufăriş de ferigi şi cicade din Triasic se aflau una sau mai multe astfel de creaturi discrete, dar harnice. Dacă dădeai la o parte o creangă, le puteai vedea zbughind-o în întuneric. În Triasic, procolofonidele erau peste tot — până la sfârşitul lui, dispăruseră toate.

La vremea respectivă, însă, ar fi putut fi uşor confundate cu sfenodonţii la fel de ţepoşi şi asemănători cu o şopârlă care, ca şi procolofonidele, erau omniprezenţi. Dar spre deosebire de acestea, sfenodonţii au supravieţuit şi continuă să trăiască — foarte greu — şi în zilele noastre. Singurul sfenondont existent este tuatara, limitat acum la câteva insuliţe din largul Noii Zeelande, ultimul dintr-o linie evolutivă care s-a ivit cu aproape un sfert de miliard de ani în urmă.

La fel a fost şi în cazul primelor scuamate adevărate — strămoşii şopârlelor şi şerpilor moderni. Acestea au apărut tot în Triasic, cu forme precum Megachirella.[9] Multe reptile mici, timpurii aduceau cu şopârlele, dar Megachirella chiar era una.

Asemenea amfibienilor mici din Carbonifer, şopârlele au avut tendinţa să-şi piardă picioarele. Acest lucru s-a întâmplat de multe ori în evoluţia şopârlelor. Punctul culminant al acestei direcţii a fost apariţia şerpilor, dar mult mai târziu, în Jurasic, când ruperea supercontinentului Pangeea a dus la un progres evolutiv al şopârlelor şi şerpilor.[10] Asta nu înseamnă că şerpii şi-au pierdut brusc picioarele — unele forme timpurii şi-au păstrat membrele posterioare. Şarpele cretacic Pachyrhachis, care se târa pe ţărmurile sudice ale Oceanului Tethys, avea membre posterioare mici, vestigiale.[11] O altă formă, Najash, avea membre posterioare mult mai solide, ataşate osului sacral şi complet utilizabile, şi trăia pe uscat.[12] Prin urmare, imediat ce au evoluat, şerpii s-au diversificat într-o varietate de şerpi de vizuină şi şerpi înotători.

*

Lystrosaurus — şi încă unul sau doi dicinodonţi mai rar întâlniţi care au trecut cu bine de sfârşitul Permianului — au continuat să evolueze şi să se diversifice, dând naştere unei varietăţi de animale similare, dar mult mai mari, precum Kannemeyeria, de mărimea unei vaci. Aceste creaturi cutreierau câmpiile alături de rhynchozauri, care erau destul de asemănători cu dicinodonţii, cu trupuri greoaie şi boturi ca un cioc, dar erau mai strâns înrudiţi cu stăpânii Triasicului — arhozaurii sau Reptilele Conducătoare.

Arhozaurii timpurii nu erau toţi mici. Unul dintre primii arhozauri a fost imensul şi înspăimântătorul Erythrosuchus, un monstru de cinci metri care a evoluat pentru a profita de abundenta cămară mobilă care era Lystrosaurus.

*

Astăzi, arhozaurii sunt reprezentaţi de două genuri foarte diferite de animale — crocodilii şi păsările. În Triasic, păsările nu existau încă, dar exista o varietate năucitoare de animale care arătau mai mult sau mai puţin ca nişte crocodili.

Probabil cele mai asemănătoare erau fitozaurii, care ar fi putut fi cu uşurinţă confundaţi cu crocodilii, diferenţa fiind că aveau nările în vârful capului, şi nu la capătul acestuia, ceea ce le permitea să înoate mai uşor sub apă, la suprafaţa ei apărând doar o mică parte din corpul lor. Fitozaurii erau carnivori sau, posibil, mâncători de peşte. Rudele lor, aetozaurii, erau vegetarieni, protejându-se cu carapace spinoase şi blindate, o anticipare a ankylozaurilor ce aveau să evolueze 100 de milioane de ani mai târziu.

Aetozaurii ar fi trebuit să se teamă mai mult de înspăimântătorii rauisuchiani, prădători patrupezi ce atingeau şase metri lungime, cu cranii adânci şi puternice care arătau neobişnuit, precum cele ale dinozaurilor mari, carnivori, ca de pildă, Tyrannosaurus. Deşi mulţi aligatori se târăsc, ei se pot deplasa şi într-un aşa-

numit „mers înalt“, în care își țin membrele mai strâns sub corp. Acesta este mult mai eficient din punct de vedere energetic pentru viața terestră. Și rauisuchianii mergeau așa și la fel se deplasau multe dintre rudele lor arhozauriene. Câteva au fost totuși bipede, cel puțin o perioadă.

*

Pe mare, pe uscat — și în aer. Permianul și Triasicul au fost martorii câtorva încercări de zbor ale vertebratelor, dornice să urmărească insectele care puseseră stăpânire pe acest mediu în Carbonifer, iar în Triasic se diversificaseră într-o mulțime de forme neobișnuite. Variate tipuri de reptile care planau vânau libelule prin pădurile permiene și triasice: creaturi precum Kuehnosaurus, care arăta și se comporta la fel ca actuala șopârlă zburătoare Draco. O altă formă, mai tipic triasică — în sensul că era foarte ciudată și nu semăna cu nimic de dinainte și nici de atunci încoace — a fost Sharovipteryx. Aceasta plutea ușor printre copaci folosindu-se de o membrană de piele întinsă între membrele posterioare foarte alungite.

Cu toate acestea, vertebratele au început să zboare efectiv, nu doar să planeze din copac în copac, abia în perioada triasică. Acești aeronauți au fost pterozaurii (cunoscuți cândva sub numele de pterodactili), care erau arhozauri și veri ai dinozaurilor.[13] Aripile lor erau niște membrane elastice de mușchi și piele, întinse între brațe și corp pe un deget inelar (al patrulea) foarte lung — cuvântul „pterodactil“ însemnă „aripă deget“. Primii pterozauri erau mici și temători, cam ca liliecii. Și, la fel ca liliecii, aveau pielea moale.

Pe măsură ce au evoluat, pterozaurii au tot crescut până când, la sfârșitul Cretacicului, ultimii erau de mărimea unui aeroplan mic și abia mai zburau. Având o constituție ușoară, dar aripi enorme, tot ce trebuiau să facă pentru a-și lua zborul era să-și întindă aripile în briză și fizica făcea restul. I-a ajutat alcătuirea lor delicată, scheletele lor transformându-se în fuzelaje pătrate, rigide, alcătuite din oase subțiri ca hârtia. Cei mai mari pterozauri erau adaptați pentru a se ridica pe curenți ascensionali în aerul nemișcat. Aceste planoare vii puteau lua viraje foarte strânse pentru a profita și de cel mai îngust canal al unui curent ascensional, chiar dacă nu depășea anvergura propriilor aripi, ridicându-se din ce

în ce mai sus până când — la altitudine — se desprindeau de curent şi pluteau în jos pentru a prinde altul.[14] În felul acesta, puteau călători pe distanţe mari aproape fără niciun efort. Pterozauri gigantici, precum Pteranodon, pluteau pe deasupra mărilor care s-au deschis pe măsură ce Pangeea se destrăma, zburând între continentele tinere, ce se îndreptau spre direcţii diferite.

Doar pterozaurii cu adevărat mari, precum Pteranodon, giganticul Quetzalcoatlus şi probabil chiar şi mai marele Arambourgiana, s-ar fi putut înălţa în felul acesta. Nicio forţă n-ar fi putut pune în mişcare acele aripi uriaşe fără să le deformeze. Iar pterozaurii nu aveau sternul carenat al păsărilor de care sunt ancoraţi puternicii lor muşchi de zbor (acesta e pieptul de pasăre pe care îl mâncăm). Doar pterozaurii mărunţi aveau aripi suficient de mici pentru a zbura bătând din aripi, precum liliecii.[15] De fapt, ultimii şi cei mai mari pterozauri nu mai zburau aproape deloc, doar se mişcau greoi pe sol ca nişte enorme corturi mobile şi dat fiind că aveau nişte capete uriaşe, ar fi putut să se privească ochi în ochi cu o girafă.

Dezintegrarea continentului Pangeea a fost un moment oportun pentru şerpi şi şopârle. Pentru pterozaurii care călătoreau pe curenţii de aer la mare înălţime a însemnat pieirea. Deriva continentală din Jurasic şi Cretacic a creat un climat variat şi furtunos, foarte diferit de temperaturile mai regulate ale Triasicului. Deşi climatul Pangeei era adesea foarte solicitant, vânturile, în afara sezonului musonic, nu erau puternice. Absenţa gheţii la poli şi oceanul liber ce permitea căldurii să circule la toate latitudinile a însemnat că diferenţa de temperatură dintre poli şi Ecuator era foarte mică. Când însă climatul a devenit mai răcoros, aceste creaturi ca nişte zmeie uriaşe şi delicate au fost proiectate cu capul înainte, izbindu-se de pământ, precum umbrelele rupte şi sfărâmându-se în urma impactului.

*

În toiul dominaţiei reptilelor, puţine — foarte puţine — terapside care nu erau dicinodonţi au rezistat. La începutul Triasicului, cinodonţi de mărimea unui câine, precum Cynognathus şi Thrinaxodon, au îndeplinit rolurile de carnivore mici şi mijlocii. Pe măsură ce epocile treceau, creaturile din această linie

evolutivă au devenit tot mai mici și mai blănoase și, strecurându-se aproape neobservate în unghere părăsite și nocturne, s-au transformat în mamifere. Însă vremea lor nu venise încă.

*

Printre arhozaurii bipezi s-au numărat primii dinozauri care au apărut, târziu în Triasic, în urma ascensiunii rauisuchianilor, rinocefalienilor și altor animale mai mult sau mai puțin asemănătoare cu crocodilii.

La originea dinozaurilor și pterozaurilor — arhozauri din „linia păsărilor“, distinctă de ascendența care a dus la crocodili — stă un grup de creaturi triasice numite afanozauri, precum Teleocrater — un patruped lung și scund care aducea mai degrabă cu un crocodil, dacă n-ar fi avut gâtul mai lung și capul mic.[16]

E greu de imaginat, uitându-te la un animal precum Teleocrater, că descendenții săi urmau să aibă un destin minunat și hotărâtor, în timp ce aproape tot neamul lor arhozaur avea să piară. A existat însă un indiciu în oasele lui. Afanozaurii au avut o rată de creștere ușor mai ridicată decât mulți alți arhozauri și au fost ceva mai activi și mai conștienți de lumea lor.

Chiar mai apropiați de dinozauri au fost silezaurii. Aceștia erau mai supli și mai grațioși decât afanozaurii, cu cozi și gâturi lungi: dar încă aveau toate cele patru picioare pe pământ.[17] Până la sfârșitul Triasicului, toți afanozaurii și silezaurii dispăruseră. Însă rudele lor cele mai apropiate, dinozaurii, au adoptat poziția pe două picioare ca mod de viață, nu ca pe ceva sporadic, și și-au construit întreaga anatomie în jurul ei. Iar Pământul avea să fie al lor.

Era dinozaurilor a început discret, în interiorul cald și umed al continentului Gondwana, departe de coastele lovite de furtuni ale Oceanului Tethys și de arșița deșerturilor înconjurătoare. Deși începuseră să se diversifice în teropodele carnivore și sauropodele vegetariene pe care le cunoaștem din istoria lor ulterioară, dinozaurii au fost o atracție relativ minoră în carnavalul triasic al dicinodonților, rhyncozaurilor, rauisuchianilor, aerozaurilor, fitozaurilor și amfibienilor gigant.

Dar, pe măsură ce unele dintre erbivorele mai mari — dicinodonții și rhyncozaurii — au început să intre în declin, dinozaurii erbivori le-au luat locul. Mai mult decât atât, s-au mutat în regiunile mai nordice și, în cele din urmă, în deșerturile dinspre Ecuator la care, anterior, nu avuseseră acces. Dar chiar și atunci, au continuat să fie doar actori mărunți în piesa mult mai mare a arhozaurilor din linia crocodililor. Teropode precum Coelophysis și Eoraptor[18] au fost niște oportuniști mici și agili, foarte departe de monștrii Jurasicului și Cretacicului. Rauisuchianii continuau să facă regulile pe uscat; amfibienii gigant, în râuri și lacuri; și o mulțime de alte reptile în mare. Sauropodele și neamul lor, de exemplu, Plateosaurus, erau mari, dar nu uriașele balene de uscat care aveau să devină Brachiosaurus sau Diplodocus. Către sfârșitul Triasicului, nu existau niciun fel de semne vizibile că destinul avea să-i favorizeze pe dinozauri mai mult decât pe un alt grup reptilian. Dinozaurii au ocupat locurile din mijloc în orchestra reptiliană a Triasicului, în spatele soliștilor principali, și au rămas acolo timp de 30 de milioane de ani.

*

Și, ca întotdeauna, în adâncul lui, Pământul continua să se miște. Pangeea, supercontinentul format în decursul a sute de milioane de ani din fragmentele desprinse din Rodinia, începea să se rupă el însuși.

A început într-un punct vulnerabil, o îmbinare în scoarță, unde mai avuseseră loc astfel de evenimente. Cu mult înainte de Pangeea, ea marca linia unde Munții Apalași, care merg paralel cu țărmul răsăritean al Americii de Nord, se formaseră în urma coliziunii a două plăci continentale în Ordovician, cu 480 de milioane de ani în urmă, făcând să dispară un ocean mai vechi.

În Triasicul târziu, scoarța a început să se separe, mai mult sau mai puțin de-a lungul aceleiași linii, pentru a crea ceea ce avea să devină un nou ocean — Atlanticul. S-a format un graben uriaș, o tăietură adâncă în Pământ, care se întindea din Caroline, în sud, până la Golful Fundy, în nord. Pe măsură ce se lărgea, sedimente de pe ambele laturi s-au prăbușit în gol, creând un mozaic în continuă schimbare de râuri și lacuri pline de viață, dar străjuit de vulcani de fiecare parte.

A venit și vremea când scoarța s-a subțiat atât de mult încât monstrul care pândea în adâncuri a putut să se dezlănțuie. Cu aproximativ 201 milioane de ani în urmă, o pustulă de magmă a erupt, acoperind cu bazalt estul Americii de Nord și regiunile pe atunci adiacente ale Africii de Nord, și emanând bioxid de carbon, cenușă, fum și de acum familiarul amestec de gaze toxice. Temperatura globală, deja ridicată, a urcat vertiginos, atingând extreme și mai ostile vieții. A fost ca și cum Pământul, marcat încă de eșecul său de a distruge orice formă de viață cu 50 de milioane de ani în urmă, făcea o nouă încercare.

Această criză a durat 600 000 de ani.

Până la urmă, marea a inundat grabenul, începuturile a ceea ce avea să devină Oceanul Atlantic. Dar multe dintre animalele care ar fi cutreierat mările nou create nu mai erau: thalattozaurii, pachypleurozaurii, notozaurii, hupehsuchidele și placodonții dispăruseră. Ihtiozaurii au supraviețuit, împreună cu un descendent al notozaurilor, plesiozaurii. Pe uscat, dicinodonții și procolofonidele, rauisuchianii și rhyncozaurii, silezaurii, bizarul Sharovipterix, Tanystropheus și drapnozaurii — pieriseră toți. Marele circ triasic plecase din oraș, lăsând în urmă o trupă de supraviețuitori zdrențăroși.

Diversitatea animalelor asemănătoare cu crocodilii s-a redus la linia evolutivă care a dat naștere crocodililor pe care îi vedem astăzi. Amfibienii gigantici au supraviețuit și ei, chiar dacă la limită, alături de pterozauri, de câteva mamifere și de rudele lor cinodonte terapside asemănătoare cu mamiferele, nou-apăruții sfenodontieni, broaștele-țestoase, broaștele și șopârlele — și dinozaurii.

Faptul că dinozaurii au supraviețuit, în vreme ce atâtea creaturi similare de tipul crocodilului nu au făcut-o, rămâne un mister. S-ar putea să fi fost pur și simplu o chestiune de noroc. La sfârșitul Permianului, câștigător la loteria vieții a fost Lystrosaurus. Dar acum, cei care aveau să se afirme și să se diversifice pentru a umple lumea nou creată au fost dinozaurii.

Dinozauri în zbor

Dinozaurii avuseseră dintotdeauna o constituţie propice zborului. A început cu loialitatea lor faţă de mersul biped care fusese mereu mai mare decât a multora dintre rudele lor asemănătoare cu crocodilii.[1]

Majoritatea patrupedelor au centrul de greutate în zona pieptului. E nevoie de foarte multă energie pentru ca ele să se ridice pe picioarele din spate. De aceea le este greu să stea confortabil în poziţie verticală un timp îndelungat. La dinozauri, în schimb, centrul de greutate era deasupra şoldurilor. Un corp relativ scurt aplecat înainte pe şolduri era contrabalansat de o coadă lungă şi groasă. Folosindu-şi şoldurile ca punct de sprijin, dinozaurii puteau sta pe picioarele din spate fără niciun efort. Spre deosebire de membrele butucănoase, robuste ale majorităţii amniotelor, picioarele din spate ale dinozaurilor erau lungi şi subţiri. Picioarele sunt mai uşor de mişcat dacă sunt mai suple către capete. Cu cât picioarele sunt mai uşor de mişcat, cu atât este mai uşor să alergi repede. Membrele anterioare, nemaifiind necesare pentru alergare, s-au redus, ele putând fi folosite pentru alte activităţi, cum ar fi căţărarea sau înhăţarea prăzii.

Alcătuiţi asemenea unei pârghii lungi, balansate pe picioare lungi, dinozaurii aveau un sistem de coordonare care le monitoriza în permanenţă poziţia corpului. Creierele şi sistemele lor nervoase erau la fel de precise ca ale oricărui alt animal. Toate acestea au însemnat că dinozaurii puteau nu doar să stea în picioare, ci şi să alerge, să meargă ţanţoş, să pivoteze şi să facă piruete cu o ţinută şi o graţie nemaivăzute până atunci pe Pământ. Lucru care avea să se dovedească o formulă câştigătoare.

Dinozaurii au măturat totul în calea lor. Până la sfârşitul Triasicului, se diversificaseră şi ocupaseră toate nişele ecologice de pe uscat, aşa cum făcuseră terapsidele în Permian — însă cu o eleganţă desăvârşită. Dinozauri carnivori de toate mărimile vânau dinozauri erbivori care, pentru a se apăra, fie ajungeau la dimensiuni mari, fie se acopereau cu o armură atât de groasă încât semănau cu un tanc. În cazul sauropodelor, dinozaurii s-au întors la mersul patruped şi au devenit cele mai mari animale terestre care au trăit vreodată, unii dintre ei măsurând peste 50 de metri lungime şi, în cazul lui Argentinosaurus,[2] cântărind

peste 70 de tone.

Cu toate acestea, n-au scăpat complet de prădători. Au fost vânaţi de carnivore gigantice: rechini de uscat, precum Carcharodontosaurus şi Giganthosaurus,[3] care au culminat — în ultimele zile ale dinozaurilor — cu Tyrannosaurus Rex.

În această creatură singulară, potenţialul alcătuirii unice a dinozaurilor a fost dus la extrem. Membrele posterioare ale acestui monstru de cinci tone erau coloane gemene de tendoane şi muşchi, viteza şi graţia strămoşilor săi fiind înlocuite cu o vigoare extraordinară şi o forţă aproape de neoprit.[4] Bine cumpănit pe coapsele sale puternice de o coadă lungă, corpul era relativ scurt, picioarele din faţă reduse la simple vestigii, masa concentrată în muşchii puternici ai gâtului şi în fălcile pronunţate. Fălcile erau pline de dinţi, fiecare de mărimea, forma şi grosimea unei banane — dacă bananele ar fi fost mai tari ca oţelul — şi aveau destulă forţă pentru a zdrobi oasele,[5] străpungând armura erbivorelor lente şi mari cât un autobuz, dar altfel bine apărate, precum ankilozaurii şi Triceratops cu cele trei coarne ale sale. Tyrannosaurus şi rudele lui smulgeau hălci însângerate din prada lor şi le înghiţeau întregi — carne, oase, platoşă şi tot ce mai rămânea.[6]

Dar dinozaurii excelau şi în a fi mici. Unii erau atât de mici încât ar fi putut să-ţi danseze în palmă. Microraptor, de exemplu, era de mărimea unei ciori şi nu cântărea mai mult de un kilogram; ciudatul Yi, asemănător cu un liliac, mic şi ca nume, şi ca dimensiune, avea mai puţin de jumătate din greutatea unui Microraptor.

*

La terapside, dimensiunile variau de la cea a unui elefant mare până la un terier mic, însă dinozaurii au depăşit chiar şi aceste extreme. Cum de-au ajuns dinozaurii să fie atât de mari — şi atât de mici?

Totul a început cu felul în care respirau.

Cândva demult în istoria amniotă existase o ruptură. La mamifere — ultimele terapside supravieţuitoare, veterani din Triasic care continuau să reziste vitejeşte în umbra dinozaurilor —, ventilaţia era o chestiune de inspiraţie şi expiraţie.

Analizată în mod obiectiv, aceasta este o metodă ineficientă de a introduce în corp oxigen şi a elimina bioxid de carbon. Se pierde energie trăgând pe gură şi pe nas aer proaspăt ce coboară în plămâni, unde oxigenul este absorbit în vasele de sânge care îi înconjoară. Însă aceleaşi vase de sânge trebuie să deverseze în aceleaşi spaţii bioxid de carbon rezidual ce trebuie eliminat prin aceleaşi orificii prin care a intrat aerul proaspăt. Asta înseamnă că e foarte greu să cureţi imediat tot aerul viciat sau să umpli fiecare colţişor şi crăpătură cu aer proaspăt dintr-o singură inspiraţie.

Celelalte amniote — dinozauri, şopârle şi altele — inspirau şi expirau tot prin aceleaşi orificii, dar ceea ce se întâmpla între expiraţie şi inspiraţie era destul de diferit. Ele au dezvoltat un sistem unidirecţional de control al aerului care făcea respiraţia mai eficientă. Aerul intra în plămâni, dar nu ieşea imediat. În schimb, era derivat, ghidat de valve unidirecţionale, printr-un sistem extins de saci de aer în întregul corp. Deşi întâlnit şi astăzi la unele şopârle,[7] cei care au dus acest sistem la cel mai înalt nivel au fost dinozaurii. Interstiţiile cu aer — în ultimă instanţă, extensii ale plămânilor — înconjurau organele interne şi au pătruns până şi în oase.[8] Dinozaurii erau plini cu aer.

Acest sistem de control al aerului a fost la fel de elegant pe cât a fost de necesar. Cu sisteme nervoase puternice şi vieţi active care necesitau cantităţi mari de energie, temperatura din corpul dinozaurilor creştea. O astfel de activitate intensă avea nevoie de cel mai eficient sistem de transport al aerului spre ţesuturile însetate de oxigen care se putea inventa. Această circulaţie a energiei crea căldură în exces. Sacii de aer sunt o bună modalitate de a o împrăştia. Şi acesta a fost secretul dimensiunii enorme la care au ajuns unii dinozauri — erau răciţi cu aer.

*

Dacă un corp creşte, dar îşi menţine forma, volumul său va creşte mult mai repede decât suprafaţa sa.[9] Asta înseamnă că, pe măsură ce un corp devine mai mare, interiorul său este mai mare în raport cu exteriorul. Acest fapt poate deveni o problemă, atât când vine vorba de obţinerea hranei, apei şi oxigenului de care un corp are nevoie, cât şi de eliminarea reziduurilor şi a căldurii generate

prin digerarea hranei şi alte activităţi, deoarece zona disponibilă pentru a introduce şi scoate lucruri se micşorează în raport cu volumul ţesuturilor care trebuie alimentate în felul acesta.

Majoritatea creaturilor sunt microscopice, aşa că nimic din toate astea nu ridică o problemă, dar pentru orice vietate mai mare decât un semn de punctuaţie, ea devine una. Acest lucru se rezolvă iniţial dezvoltând sisteme specializate de transport, precum vasele de sânge, plămânii şi aşa mai departe; iar apoi schimbând forma şi creând sisteme extinse sau sinuoase ce acţionează ca nişte radiatoare, începând cu aripile pelicozaurilor şi urechile elefanţilor şi până la complexitatea internă a plămânilor care, pe lângă schimbul de gaze, îndeplinesc şi funcţia importantă de a disipa excesul de căldură.[10]

Când au fost în cele din urmă eliberate dintr-o lume dominată de dinozauri şi au reuşit să depăşească dimensiunile unui bursuc, mamiferele au rezolvat această problemă de izolaţie prin năpârlire în timp ce creşteau, şi prin transpiraţie. Transpiraţia secretă apă pe suprafaţa pielii şi, pe măsură ce aceasta se evaporă, energia necesară pentru a transforma transpiraţia lichidă în vapori este disipată prin mici vase de sânge aflate imediat sub piele, creând un efect de răcorire. Însă şi aerul expirat din plămâni contribuie la pierderea căldurii — acesta fiind motivul pentru care unele dintre mamiferele blănoase gâfâie, scoţând o limbă lungă şi umedă şi bucurându-se de efectele evaporării. Cel mai mare animal terestru a fost Paraceratherium, o rudă înaltă, fusiformă şi lipsită de coarne a rinocerilor, care a trăit acum vreo 30 de milioane de ani, mult după ce dinozaurii dispăruseră. El ajungea la aproximativ patru metri înălţime la umăr şi cântărea până la 20 de tone.

Cei mai mari dinozauri erau însă mult, mult mai mari. Suprafaţa unui sauropod gigantic, precum Argentinosaurus, cu o greutate de 70 de tone şi o înălţime de 30 de metri, fiind printre cele mai mari animale terestre care au existat vreodată, era minusculă în comparaţie cu volumul său. Nici măcar unele schimbări de formă, precum extinderea gâtului şi a cozii, nu au fost suficiente pentru a risipi toată căldura generată de interiorul său încăpător.

Deşi sauropodele erau foarte mari, există o regulă de bază conform căreia animalele mari au ritmuri metabolice mai lente decât cele mici, astfel că, în general, temperatura corpurilor lor este mai scăzută. Ar fi luat mult timp ca un dinozaur de mărimea aceea să se încălzească la soare — dar la fel de mult ar fi luat şi răcorirea, aşa că un dinozaur foarte mare, odată încălzit, ar fi putut să-şi

menţină o temperatură relativ constantă a corpului doar în virtutea faptului că era foarte mare.[11]

Cu toate acestea, ceea ce i-a salvat pe dinozauri şi le-a permis să ajungă atât de mari a fost genealogia. Întrucât plămânii lor, deja voluminoşi, s-au extins într-un sistem de saci de aer care s-a ramificat în întreg corpul, aceste animale erau mai puţin masive decât păreau. În plus, sacii de aer din interiorul oaselor au menţinut scheletul uşor. Scheletele celor mai mari dinozauri au fost un triumf al ingineriei biologice, oasele fiind reduse la o serie de proptele goale, purtătoare de greutate (având cât mai puţine piese nepurtătoare de greutate cu putinţă).

Dar esenţial era faptul că sistemul intern al sacilor de aer nu numai că direcţiona căldura din plămâni, ci şi prelua în mod direct căldura de la organele interne, fără a fi nevoie să o transporte mai întâi în jurul corpului, prin intermediul sângelui, şi apoi către plămâni, disipând o parte din ea pe drum şi rezolvând problema. Un beneficiar important a fost ficatul, care genera foarte multă căldură şi care, la un dinozaur mare, era de dimensiunea unei maşini. Sistemul de răcire cu aer al dinozaurilor a fost mai eficient decât versiunea de răcire cu lichid a mamiferelor.[12] Asta le-a permis dinozaurilor să devină mult mai mari decât ar fi putut s-o facă vreodată mamiferele fără să fiarbă de vii.

Argentinosaurus a fost mai puţin un mastodont greoi decât o... pasăre sprintenă, patrupedă şi incapabilă să zboare. Fiindcă păsările, urmaşele dinozaurilor, sunt cele care au aceeaşi structură uşoară, acelaşi metabolism rapid şi acelaşi sistem de răcire cu aer. Iar toate aceste caracteristici sunt extrem de avantajoase pentru zbor, o activitate care necesită o constituţie uşoară.

*

Zborul este de asemenea asociat cu penele. Un strat de penaj a fost o trăsătură a dinozaurilor încă de la începutul istoriei lor. Iniţial, penele semănau mai mult cu nişte peri, o trăsătură pe care o aveau şi pterozaurii, primul grup de vertebrate care au învăţat să zboare, în Triasic — şi rude apropiate ale dinozaurilor.[13] Chiar şi în absenţa zborului, un strat de pene oferea o izolaţie esenţială pentru un animal mic, generând foarte multă căldură. Problema cu care se confruntau

dinozaurii mici, activi, a fost opusul celei cu care se confruntau dinozaurii foarte mari — să împiedice toată acea căldură costisitoare să se risipească în mediu.[14] Dar asemenea pene simple au dezvoltat curând aripi, fulgi și culori.[15] Animalele inteligente și active ca dinozaurii aveau o viață socială agitată, în care etalarea socială juca un rol important.

O altă cheie a succesului dinozaurilor a fost depunerea ouălor. Deși vertebratele în general au depus dintotdeauna ouă — un obicei care a permis cucerirea definitivă a uscatului de către primele amniote —, multe vertebrate s-au întors la obiceiul ancestral, întâlnit la primele vertebrate cu fălci, de a naște pui vii. Totul e doar o chestiune de a găsi o strategie care protejează puii fără a implica un cost prea împovărător pentru părinte. Mamiferele au început prin a depune ouă. Aproape toate au devenit vivipare, embrionul dezvoltându-se intern, dar cu un preț enorm. Gestația presupune cheltuieli de energie imense, iar asta stabilește limitele dimensiunilor pe care mamiferele le pot atinge pe uscat.[16] Mai mult, limitează numărul de pui pe care îi pot produce o dată.[17]

Pe de altă parte, niciun dinozaur nu și-a crescut vreodată puii în felul acesta. Toți dinozaurii depuneau ouă — la fel ca toți arhozaurii. Fiind creaturi inteligente, active, dinozaurii au sporit la maximum succesul puilor lor incubând ouăle în cuiburi și având grijă de pui după eclozare. Mulți dinozauri, în mod special erbivorele care trăiau în turme, precum sauropodele, și hadrozaurii mai mici și bipezi, care au înlocuit în mare măsură sauropodele în Cretacic, își făceau cuiburile în colonii comune care dominau peisajul, întinzându-se de la un orizont la altul. Femelele de dinozauri se bazau pe compoziția propriilor oase ca să furnizeze suficient calciu pentru ouăle lor, un obicei pe care păsările l-au păstrat.[18]

A fost un sacrificiu care merita făcut având în vedere avantajele oferite de depunerea de ouă. Oul amniot este una dintre capodoperele evoluției. El constă nu doar dintr-un embrion, ci dintr-o capsulă completă de susținere a vieții. Oul conține suficientă hrană pentru a duce un animal până la eclozare, dar și un sistem de eliminare a reziduurilor care să garanteze că această biosferă autonomă nu va fi otrăvită. Depunerea unui ou însemna că un dinozaur era scutit de problemele și costurile dezvoltării puilor în propriul corp.

Unii dinozauri consumau energie având grijă de puii lor după eclozare — însă nu erau neapărat obligați să o facă. Unii își depuneau ouăle într-o groapă călduroasă sau în gunoi și lăsau puii să-și încerce norocul. Energia cheltuită cu reproducerea

și îngrijirea unui număr mic de pui ar fi putut fi folosită în altă parte — de exemplu, pentru depunerea unui număr mult mai mare de ouă decât ar fi permis gestația. Și, desigur, pentru creștere. Dinozaurii creșteau rapid. Sauropodele trebuiau să crească pe cât de repede posibil, până când ajungeau prea mari pentru a mai putea fi atacate de carnivore. Drept răspuns, carnivorele trebuiau să crească și ele rapid. Tyrannosaurus rex, de pildă, ajungea la greutatea sa adultă de cinci tone în mai puțin de 20 de ani, crescând cu până la două kilograme pe zi — un ritm de creștere cu mult mai rapid decât cel al rudelor sale mai mici.[19]

*

Dinozaurii și rudele lor imediate au petrecut milioane de ani acumulând tot ce aveau nevoie pentru a zbura: pene, un metabolism rapid, o răcire eficientă cu aer pentru a-l ține sub control, o constituție ușoară și un devotament unic față de depunerea de ouă.[20] Unii dinozauri au folosit unele dintre aceste adaptări pentru a face lucruri complet necaracteristice pentru păsări, de pildă, să ajungă la o dimensiune pe care niciun alt animal terestru nu a depășit-o încă. Până la urmă, dinozaurii au fost pregătiți să se înalțe în aer. Așadar, cum au făcut acel pas final și și-au luat zborul?

Povestea a început în Jurasic, când o linie de dinozauri mici, deja carnivori, a evoluat către dimensiuni și mai mici. Cu cât deveneau mai mici, cu atât pielea lor se umplea de pene, întrucât animalele mici, cu metabolism rapid, trebuie să se încălzească. Aceste animale trăiau uneori în copaci — cu atât mai bine pentru a scăpa de atenția rudelor lor mai mari. Unele au descoperit cum să-și folosească aripile cu pene pentru a rămâne mai mult timp în aer — și astfel s-au preschimbat în păsări.

*

O suprafață portantă, precum este o aripă, nu are nimic magic. Ea este modelată în așa fel încât dislocă aerul prin care se mișcă, făcând ca unele pachete de aer să

se mişte extrem de repede, în timp ce altele rămân nemişcate în turbioane şi vârtejuri. Rezultatul net al tuturor acestor schimbări de viteză este o forţă ascensională pe aripă. Această forţă creşte proporţional cu viteza cu care se mişcă aripa. Forţa respectivă este numită „portanţă“.

Există două modalităţi de a te ridica în aer.

Prima este de la nivelul solului sau de pe apă. Presupusul aeronaut aleargă cât poate de repede în vânt, dând din aripi cât poate de tare. Decolarea este teoretic posibilă chiar dacă aripile sunt ţinute rigid la orizontală, însă niciun animal zburător nu e un alergător atât de puternic. Cu toate acestea, fluturarea aripii modifică distribuţia vitezei aerului ce se mişcă în jurul ei pentru a creşte şi mai mult portanţa, făcând improbabilul posibil.[21]

A doua modalitate de a ajunge în aer este să te cocoţi într-un loc înalt şi să-ţi dai drumul, lăsând acceleraţia gravitaţională să-şi facă treaba. E chiar mai uşor dacă cineva plonjează într-un curent ascensional cald — o coloană de aer cald ce se ridică de la sol — pentru flotabilitate suplimentară.

*

Cei mai buni zburători sunt foarte mici, microscopici chiar, şi merg oriunde îi duce vântul. Majoritatea organismelor vii sunt mici şi au călătorit aşa din timpuri imemoriale, indiferent dacă erau spori de la primele plante terestre purtate de o briză ordoviciană, viruşi expulzaţi prin strănut din nările unui tiranozaur, bacterii desprinse de pe pielea sa, păianjeni purtaţi pe fire plutitoare de mătase ori insecte mărunte — toate au fost şi sunt un mare, şi în mare măsură ignorat, plancton aerian ce pluteşte chiar de deasupra solului până la limita atmosferei. Un organism foarte mic, un spor sau un grăunte de polen nu are nevoie de adaptări speciale, precum aripile, pentru a se ridica în aer, având în vedere că poate fi transportat mulţi kilometri de cea mai uşoară pală de vânt.

Şi tocmai asta-i problema. Planctonul aerian este supus capriciilor vântului şi nu poate controla direcţia în care merge. Zburătoarele foarte mici, ce vor să dea o anumită direcţie vieţii lor, au nevoie de aripi. Însă pentru ceva minuscul cât un fir de praf, moleculele de aer par substanţial mai mari decât pentru ceva de

mărimea unei albine, să zicem, sau a unei muște. Pentru un fir de praf, aerul este vâscos, precum apa sau siropul, prin urmare zborul seamănă mai mult cu înotul. Aripile celor mai mici insecte înaripate seamănă mai mult cu niște peri decât cu niște pale și funcționează ca niște vâsle, ajutându-le să se împingă cu ele prin aer.

Pentru o creatură suficient de mare încât atracția gravitațională să devină mai importantă decât mișcarea moleculelor de aer, primul stadiu al zborului este pur și simplu un gen de cădere controlată, precum paraşutarea. Acei paraşutiști care reuşesc să călătorească în plan orizontal mai mult decât cad vertical sunt cunoscuți sub numele de „planoriști“ — totuși, este un gen controlat de cădere.[22]

Animalele au descoperit acest mijloc de locomoție în numeroase rânduri, de la așa-numitul șarpe „zburător“, care își întinde corpul pentru a crea un soi de aripă unică, şi broaștele „zburătoare“ cu picioare enorme, ca o paraşută, și până la numeroasele genuri de reptile planoare, asemănătoare cu o șopârlă, fie existente, fie cunoscute din arhiva fosilă, cu pielea întinsă de fiecare parte a corpului, ori pe coaste enorm de alungite, ori chiar pe oase aflate în piele. Ele au făcut asta încă din Permian. Multe mamifere mici sunt paraşutiști desăvârşiți, de la veverița marsupială din Asia de Sud-Est până la o serie de veverițe „zburătoare“, care se paraşutează sau planează folosind pliuri de piele întinse între picioarele din față și cele din spate. Mamiferele au învățat să planeze aproape imediat ce au evoluat. Unul dintre cele mai vechi grupuri de mamifere, haramiidele, zburau deja în Jurasic,[23] poate chiar înaintea celei mai vechi păsări cunoscute, Archaeopteryx.

S-ar putea să nu fie o coincidență faptul că toate aceste animale care planează trăiesc sau au trăit în copaci — și că obiceiul paraşutării a evoluat adeseori în mod independent.[24] În cazul creaturilor cărora le place să se cațăre în copaci, selecția naturală îi pedepsește aspru pe cei care cad. Orice animal care s-a adaptat pentru a minimiza cumva impactul selecției naturale, fapt care îi permite să mai apuce și ziua de mâine, va avea selecția naturală de partea sa.[25]

Numai dinozaurii mai mici au avut posibilitatea să zboare deoarece, după cum am văzut, legile fizicii spun că, pe măsură ce cineva devine mai mare, cantitatea de energie necesară pentru a zbura crește la rândul ei. Numai zburătoarele mici pot să bată din aripi. Cele mari pot doar să planeze.

*

Dinozaurii foloseau o combinație de metode pentru a se ridica în aer — fie alergând și bătând din aripi, fie planând și căzând. În orice caz, ei au ajuns în mod accidental să zboare. Aripile lor cu pene existau cu mult înainte ca zborul să fie o opțiune. Mulți dinozauri aveau de multă vreme smocuri de pene sau fulgi.

Însă dezvoltarea unui penaj complet i-a revenit unei specii de mici dinozauri carnivori. Deși aceste creaturi se asemănau cu păsările în multe privințe — își pliau membrele așa cum își pliază păsările aripile,[26] incubau ouă la fel ca păsările[27] și așa mai departe — unele dintre ele erau prea mari pentru a putea zbura.[28] Și totuși, multe aveau pene pe care le foloseau ca izolație termică, pentru etalare sexuală, drept camuflaj pentru a evita prădătorii sau ca o combinație a tuturor acestora și poate și a altora în plus.

Primele zboruri n-au fost decât scurte salturi și ar fi putut începe fie de pe sol, fie dintr-un loc ceva mai înalt. Aripile primilor dinozauri care s-au avântat în aer au funcționat destul de bine pentru a-i ajuta să ajungă pe ramurile joase unde să doarmă noaptea. Fiind chiar mai mici, puii s-ar putea să fi ajuns ceva mai departe, folosindu-și aripile țepoase pentru a urca pantele abrupte sau a se cățăra în copaci.[29] Și odată ajunși în copaci, ce urma? Chiar și cu cele mai rudimentare aripi, un dinozaur, mai ales dacă era mic, sărea, folosindu-și aripile pentru a încetini coborârea și fluturându-le din când în când pentru a se ridica. Archaeopteryx, emblematica „primă pasăre“, avea aripi cu un penaj complet, dar, spre deosebire de păsările moderne, nu avea sternul puternic, adaptat pentru a ancora mușchii de zbor. Prin urmare, e posibil ca Archaeopteryx să nu fi fost o zburătoare foarte abilă, dar putea să zboare pe distanțe scurte, între ramuri, sau pe ramurile joase de deasupra solului.

*

Archaeopteryx a trăit la sfârșitul Jurasicului și a fost doar unul dintr-o mulțime foarte diversă de dinozauri care au experimentat zborul. Unii dintre primii dinozauri zburători au fost biplani, cu pene pentru zbor atât pe picioare, cât și

pe aripi. Cel mai celebru a fost micul dinozaur Microraptor din China, un membru al grupului de dinozauri numit dromaeozauri.[30] Dromaeozaurii erau veri apropiați ai Archaeopteryx, alături de un alt grup de bipede mici și inteligente, troöndotidele; la fel ca păsările și dromaeozaurii, troöndotidele au experimentat penele și, probabil, într-o oarecare măsură și zborul. Un troöndotid, Anchiornis, avea pene pe membrele anterioare și pe picioare — precum Microraptor — și a trăit în Jurasic,[31] înainte de apariția lui Archaeopteryx.

Unul dintre cele mai ciudate experimente de zbor a fost făcut de un alt mic grup de dinozauri strâns înrudiți cu dromaeozaurii, troöndotidele și păsările. Aceste creaturi de mărimea unor vrăbii sau grauri au trăit aproape sigur în copaci. Deși aveau pene — una dintre ele, Epidexipteryx, avea în coadă pene lungi, ca niște panglici[32] —, aripile lor erau membrane de piele, ca ale liliecilor.[33] Aceste creaturi, scansoriopterygidele, au fost un experiment dinozaurian de scurtă durată a zborului de tip liliac apărut, probat timid și dispărut înainte ca prima pasăre să fi ieșit măcar din ou sau ca primul liliac să fi fost înțărcat.

*

O altă caracteristică a evoluției zborului este obișnuința animalelor de a-și pierde această abilitate.[34]

Păsările par să nu ezite să renunțe la zbor imediat ce se ivește ocazia. În primul rând, nu toate păsările sunt foarte pricepute când e vorba să zboare. Cel puțin două ordine de păsări au renunțat complet la zbor cu mult timp în urmă. Unul dintre grupuri este cel al ratitelor, din care fac parte struții, emu, cazuarii și kiwi, și rudele lor dispărute, păsările moa din Noua Zeelandă și Aepyornis sau pasărea-elefant din Madagascar — care au încetat să existe la scurt timp după ce oamenii au ajuns acolo. Celălalt este al pinguinilor, care și-au transformat aripile în înotătoare pentru a zbura sub apă. Ambele grupuri sunt extrem de vechi. Alte păsări au renunțat la aripi când, ajungând pe insule izolate, lipsite de prădători care trăiau pe uscat, au descoperit că puteau să se relaxeze — exemplele includ cormoranul nezburător din Insulele Galápagos, kakapo (un gen de papagal) din Noua Zeelandă și dodo (un porumbel supradimensionat) din Mauritius.

Există însă câteva alte grupuri, neînrudite cu ratitele, toate dispărute cu milioane de ani înainte de apariţia fiinţelor umane. În Cretacicul târziu, o pasăre primitivă numită Ichthyornis, ce arăta ca un pescăruș cu dinți,[35] zbura de-a lungul țărmurilor unei mări care tăia cândva în două America de Nord, de la nord la sud, în timp ce pterozauri, precum Pteranodonul, se ridicau la mare înălţime. Ea era însoțită de Hesperornis, o pasăre mare de peste un metru lungime, dar lipsită de aripi, și care — la fel ca pinguinii — trăia probabil scufundându-se după pești. O altă pasăre din Cretacic, Patagopteryx, de mărimea unei găini, care a trăit în Argentina cam în aceeași perioadă în care Ichthyornis și Hesperornis pluteau pe deasupra plajelor din străvechea Nebraska, pare de asemenea să fi renunțat la zbor. Un grup de dinozauri cunoscuți sub numele de alvarezsauride este alcătuit dintr-un grup de creaturi foarte mici, cu pene și cu picioare lungi, dar cu aripi reduse la mici cioturi, fiecare prevăzut cu o gheară mare. Când au fost descrise pentru prima dată de oamenii de știință, și ele au fost considerate păsări nezburătoare.[36]

Zborul este un obicei costisitor. Chiar dacă toate condițiile necesare zborului au existat în planul de bază al dinozaurilor aproape încă de la început, zborul a fost și continuă să fie extrem de solicitant, așa că nu este surprinzător că multe zburătoare au renunțat la el când s-a ivit ocazia. Membrii mai mici și mai apți de zbor ai dromaeozaurilor și troödontidelor au avut tendința de a fi exemple timpurii ale familiilor lor: descendenții lor au fost mai mari și mai legați de sol. Dromaeosauridele și troödontidele ulterioare au fost dragonii care au căzut pe pământ.

Păsările au devenit nezburătoare chiar înainte de a deveni păsări.

*

Nu foarte multe au continuat să accepte provocarea. Cerurile Cretacicului s-au umplut rapid de piuiturile, țipetele și trilurile nenumăratelor păsări. Multe aparţineau enantiornithinelor, un grup de păsări foarte asemănătoare cu cele moderne, atât doar că îşi păstraseră dinţii şi ghearele pe aripi. Însă păsări cu aspect modern începuseră să apară cu mult înainte de sfârşitul Cretacicului. De exemplu, pasărea de țărm Asteriornis, din Cretacicul târziu, era un văr al

grupului de păsări ce aveau să se transforme în cele din urmă în rațe, gâște și găini.[37]

*

Pământul continua să se transforme. Până la sfârșitul Cretacicului, Pangeea se separase, creând masele continentale pe care le cunoaștem, mai mult sau mai puțin, astăzi. Asta a dus la evoluția unor tipuri distincte de dinozauri în locuri diferite. Un grup de terapode numite abelizauri a fost descoperit în principiu doar în continentele sudice, pe când ceratopsienii, precum Triceratops, s-au găsit aproape întotdeauna în vestul Americii de Nord și în Asia de Est — regiuni unite unele cu altele, dar separate de alte mase continentale.[38]

Izolarea dinozaurilor pe insule a creat menajerii ciudate de tip Alice în Țara Minunilor. În Jurasic, de exemplu, Europa era un arhipelag de insule tropicale, asemănător cu Indonezia de astăzi, cu propria faună unică de sauropode miniaturale, precum Europasaurus, fiecare exemplar nefiind mai lung de șase metri.[39] Ca și acum, Madagascarul era un paradis al animalelor exotice. În Cretacic, multe nișe ecologice, până și vegetarianismul, au fost ocupate de crocodili.[40]

*

De asemenea, în Cretacic asistăm la apariția plantelor cu flori.[41] Plantele cu flori au început să se dezvolte pas cu pas și, la fel ca tetrapodele, aproape de apă, îmbrăcând malurile râurilor cu flori de nufăr albe, cerate, care ieșeau puternic în evidență pe fondul verde al coniferelor.

Plantele își protejaseră de multă vreme embrionii în interiorul semințelor, însă plantele cu flori au adăugat alte staturi de protecție. Ca la toate plantele, o celulă mascul fertiliza o celulă femelă pentru a crea un embrion. Doar că plantele cu flori au mai adăugat două celule femelă care, ambele fertilizate de o altă spermă,

într-un ménage à trois, au creat un țesut numit endosperm — țesut din care se putea hrăni noul embrion. Întreaga structură a fost închisă într-un strat protector suplimentar, care a devenit fructul. Înainte de fruct, exista floarea — colorată și parfumată pentru a atrage polenizatori. La rândul său, fructul putea fi colorat și parfumat pentru a atrage animale care să-l mănânce și apoi să împrăștie în jur semințele prin fecalele lor.

Plantele simple de uscat, precum mușchii, atrăseseră animalele pentru a ajuta la fecundarea lor timp de milioane de ani,[42] probabil încă de la prima colonizare a uscatului. Astfel de eforturi au fost crepusculare și ascunse, incomparabile cu spectacolul primelor generații de plante cu flori, care a fost însoțit de o evoluție explozivă a polenizatorilor, precum furnicile, albinele, viespile și gândacii — creaturi ce domină astăzi Pământul ca număr de specii. Relația dintre plantele cu flori și polenizatorii lor este subtilă, multilaterală și complexă — și a apărut abia atunci când epoca dinozaurilor atinsese apogeul.

*

Lumea dinozaurilor părea că nu se va sfârși niciodată. Într-adevăr, ea ar fi putut să continue la nesfârșit, în ciuda erupției unei coloane de magmă în India la sfârșitul Cretacicului. În afară de asta, Jurasicul și Cretacicul au fost perioade în care Pământul părea că este adâncit în somn. În schimb, criza care a pus capăt Cretacicului a fost rapidă, brutală — și a venit din cer.

Nu trebuie decât să ne uităm la suprafața Lunii pentru a vedea că ea poartă semnele unor coliziuni. Majoritatea suprafețelor solide din sistemul solar sunt pline de cratere, de la microscopice la gigantice. Până și cel mai mic asteroid este presărat, crater peste crater, cu urmele impactului unor proiectile și mai mici. Doar acele corpuri care își remodelează constant suprafețele reușesc să șteargă aceste dovezi..[43]

Pământul a fost și el lovit de multe ori de corpuri din spațiu, dar sunt rare cazurile în care craterele rămân. Acele câteva corpuri de impact care nu ard în atmosfera densă lasă puține urme, întrucât acestea sunt repede șterse de vânt, vreme, apă și, bineînțeles, de acțiunea viețuitoarelor. Viermii sapă prin pereții

craterelor, subminându-i. Rădăcinile îi fisurează, transformându-i în praf. Mările umplu craterele, sedimentele le îngroapă, până când nu mai rămâne nicio urmă.

Dar unul este de ajuns. Impactul cu un asteroid în urmă cu vreo 66 de milioane de ani a pus brusc capăt lumii dinozaurilor.

Ca toate poveștile de succes, impactul a fost îndelung pregătit. Dinozaurii fuseseră avertizați cu mult înainte. Acum aproximativ 160 de milioane de ani, în Jurasicul târziu, o coliziune în îndepărtata centură de asteroizi a produs un asteroid cu diametrul de 40 de kilometri, cunoscut astăzi sub numele de Baptistina, și un depozit de peste 1000 de fragmente cu o mărime de peste un kilometru, unele chiar mult mai mari. Acești vestitori ai morții s-au împrăștiat în sistemul solar intern.[44]

Aproximativ 100 de milioane de ani mai târziu, unul dintre ei a lovit Pământul. Venind în picaj dinspre nord-est,[45] corpul, care s-ar putea să fi avut un diametru de 50 de kilometri, a lovit coasta actualei peninsule Yucatan din Mexic cu o viteză de 20 de kilometri pe secundă, penetrând și topind scoarța. O explozie orbitoare, urmată de o rafală de 1 000 de kilometri pe oră ce producea un zgomot inimaginabil, a distrus orice urmă de viață în regiunea Caraibilor și o mare parte din America de Nord, după care întreaga lume a fost asaltată de bombe incendiare purtate de un vânt fierbinte ca un furnal, care a transformat copacii în torțe. Apa din Golful Mexic s-a retras mult în larg înainte ca un tsunami înalt de 50 de metri să lovească țărmul, pătrunzând mai bine de 100 de kilometri pe continent.

Impactorul a străpuns sedimentele bogate în anhidrit, vestigii ale unui străvechi fund de mare. Anhidritul este un sulfat de calciu. Coliziunea l-a transformat instantaneu în bioxid de sulf gazos care, în stratosferă, a creat nori. Aceștia — și praful — au acoperit Soarele, aruncând lumea într-o iarnă ce a durat ani întregi. Când Soarele a reapărut strălucitor, bioxidul de sulf căzuse pe pământ sub forma unei ploi acide care a distrus plantele rămase și a dizolvat toate recifele.

Între timp, toți dinozaurii nezburători dispăruseră. Ultimii pterozauri fuseseră șterși de pe fața pământului. În mări, magnificii plesiozauri — urmașii nothozaurilor din Triasic — au pierit și, odată cu ei și mosazaurii, înfricoșătoarele șopârle monitor oceanice.[46] Minunații amoniți, rudele cu cochilie ale calamarilor și caracatițelor, ce străbăteau mările în cochilii răsucite, unele mari cât o roată de camion, au fost eliminați, punând capăt unei genealogii care

începuse în Cambrian.

Craterul care a rezultat avea 160 de kilometri în diametru.

Dar, încă o dată, viața și-a revenit. Deși evenimentul a cauzat extincția a trei sferturi dintre specii, viața s-a întors curând la punctul zero. În 33 000 de ani, situl submarin era deja locuit de plancton,[47] al cărui schelet calcaros, căzând pe fundul mării, a îngropat resturile craterului de impact.

Moștenitorii au fost acei descendenți îndepărtați ai terapsidelor, care, la fel ca dinozaurii, dezvoltaseră un metabolism rapid, dar l-au folosit într-un mod complet diferit — mamiferele. După ce stătuseră în umbră începând din Triasic, ele au ieșit, în final, la lumină.

Acele mamifere magnifice

Cândva, în perioada devoniană, în interiorul unui pește blindat, în partea din spate a capului, au existat două oase, unul de fiecare parte. Peștele le ignora. În definitiv, era ocupat să arunce cu nisip în ochii lipsiți de expresie ai unui gigantic scorpion-de-mare care îl urmărea.

Cu toate acestea, oasele au continuat să-şi îndeplinească rolul. Ele erau o pereche de proptele ce susţineau creierul, în cutia sa de cartilagiu moale, lângă armura osoasă din exterior, chiar deasupra primei perechi de fante branhiale.

Fălcile au apărut când două alte proptele — axele de cartilagiu ce separau gura de primele fante branhiale — s-au pliat la mijloc, cu articulaţiile îndreptate spre înapoi. Aceste articulaţii maxilare au comprimat prima pereche de fante branhiale, reducându-le la o pereche de mici orificii — spiraculele, câte unul de fiecare parte, imediat deasupra articulației maxilare. Proptelele din jurul creierului au ajuns să îndeplinească o sarcină triplă. Continuau să joace rolul unor grinzi de structură, ca înainte. În acelaşi timp însă, la un capăt ancorau mușchii ce deschideau şi închideau spiraculele, iar la celălalt, erau strâns alăturate orificiilor pereche din cutia craniană care duceau la urechea internă, una pe fiecare parte.

Urechea internă era o structură mică, fragilă, fără de care peștele s-ar fi rătăcit, ar fi fost dezorientat, fără să știe încotro să se îndrepte. Ea era alcătuită din labirinturi de tuburi pline cu fluid, fiecare o imagine în oglindă a celeilalte. Mișcarea fluidului agita globuri de materie bogată în minerale, asemănătoare cu chitul, atașată de perișori, care erau atașați la celălalt capăt de celule nervoase. Mișcarea din mediu ducea la o mișcare a fluidului, care agita globurile de materie, care trăgeau de perișori, care trimiteau impulsuri nervoase către creier — și, instantaneu, peștele știa unde se afla: îndepărtându-se repede prin apă de un scorpion-de-mare vorace care pocnea din cleşti la mică distanță în spatele lui.

*

Acelaşi sistem de canale era sensibil la vibraţii în apă: din nou, printr-un sistem de celule ciliate microscopice asemănătoare cu coardele unei harpe. Vibraţia ciupea coardele, fiecare acordată la propria notă, iar peştele auzea zgomotul ameninţător al urmăritorului său. Iar omniprezenta şi sârguincioasa pereche de braţe de susţinere, unul de fiecare parte, conducea acele vibraţii venite din exterior până în urechea internă.

La primele tetrapode, precum Acanthostega, aceste braţe de susţinere — numite hiomandibulare — erau nişte grinzi solide. Ele nu conduceau la fel de bine sunetul, mai ales unul cu o frecvenţă mai înaltă decât cea unui vuiet înfundat, ca un tunet îndepărtat.[1]

Când tetrapodele au ajuns în cele din urmă pe uscat, s-au trezit într-un mediu acustic cu totul diferit — în aer liber. Cartilajele ce formau arcurile branhiale au devenit suporturi pentru limbă şi laringe. Numai hiomandibularele au rămas pe loc, dar acum s-au specializat în detectarea sunetului. Spiraculele au fost învelite de membrane subţiri, timpanele. Hiomandibularele conduceau vibraţiile de la timpane direct la urechea internă. Datorită acestui nou rol, osul hiomandibular a căpătat un nume mai impresionant: columella auris — micuţa coloană de aur. Dar e cunoscut, de asemenea, sub numele mai puţin grandios de scăriţă sau osul etrier. Scărița se află între timpan și urechea internă. Imperiul său miniatural a fost urechea medie.[2]

*

Când sunetele se lovesc de timpan, vibraţiile sunt transmise prin scăriţă spre urechea internă. Aşa aud şi astăzi amfibienii, reptilele şi păsările. Cu timpul, scărița a devenit extrem de subțire și capabilă să detecteze șoaptele. Chiar și așa, îşi avea limitele ei. Aerul este plin de ciripelile, croncăniturile şi bolboroselile păsărilor — păsările produc unul dintre cele mai puternice zgomote din natură.[3] Cu toate acestea, ele sunt în general insensibile la sunete cu o frecvenţă mai înaltă de 10 000 de cicluri pe secundă sau 10 kilohertzi (kHz).[4]

Pe de altă parte, mamiferele aud în mod diferit. În loc să aibă doar un singur os în urechea medie — scărița —, au trei. Scărița se conectează cu urechea internă și, prin urmare, cu creierul, la fel ca înainte, însă celelalte două oase s-au înghesuit între timpan și scăriță. Acestea sunt malleus („ciocănelul“), care este atașat de interiorul timpanului, și incus („nicovala“), care leagă malleus de scăriță.[5]

Efectul asupra capacității auditive a mamiferelor a fost dramatic. Lanțul de trei oase acționează pentru a amplifica sunetul. De asemenea, el crește sensibilitatea urechilor la frecvențe mai înalte. Cel puțin în copilărie, putem auzi note înalte de 20 de kHz, mult mai înalte decât cel mai înalt cântec al ciocârliei.[6] Dar avem urechile înfundate în comparație cu multe alte mamifere, precum câinii (45 kHz[7]), lemurienii cu coadă inelată (58 kHz[8]), șoarecii (70 kHz[9]) și pisicile (85 kHz[10]), și suntem complet surzi în comparație cu delfinii (160 kHz[11]). Evoluția lanțului de trei oase din urechea medie a mamiferelor le-a deschis acestora un întreg univers senzorial nou, inaccesibil altor vertebrate.

A fost ca și cum dăduseră peste o mică breșă în gardul înalt ce înconjura pădurile dese cu care fuseseră obișnuite, descoperind câmpii deschise, mai vaste decât își imaginaseră vreodată.

*

Cum au apărut malleus și incus?

Când fălcile au început să evolueze, la peștii care fugeau din calea altor locuitori ai adâncurilor pentru a-și salva viața, articulația maxilarului s-a oprit chiar sub spiracul, rămășița de fantă branhială care, la tetrapode, avea să devină timpanul. A fost, așadar, una dintre acele bizarerii ale timpului și hazardului faptul că articulația temporo-mandibulară s-a întâmplat să se afle mai degrabă aproape de ureche și nu în altă parte.

Articulația maxilarului și timpanul sunt, totuși, mai mult decât simpli vecini — au relații strânse unul cu celălalt. Această intimitate avea să fie un element-cheie pentru succesul final al mamiferelor.

Când a apărut, maxilarul inferior era o tijă cartilaginoasă, o jumătate a primei fante branhiale care se pliase în două pentru a forma fălcile. Jumătatea de sus a devenit maxilarul superior, iar jumătatea de jos, maxilarul inferior. Cu timpul, acest cartilaj s-a transformat în os: totuși, o rămășiță, cartilajul Meckel, există în continuare, cel puțin în primă fază, sub forma unei fâșii subțiri de țesut pe suprafața internă a maxilarului inferior, pentru ca mai apoi să dispară.

*

Mandibula unei reptile sau a unui dinozaur e o chestie complicată. Este alcătuită nu dintr-un singur os, ci din mai multe, fiecare cu misiunea lui. Dentarul este osul din față pe care, după cum spune și numele, se află dinții. Articularul, în schimb, este aproape de partea din spate și formează articulația temporo-mandibulară împreună cu un os de la baza craniului, numit osul pătrat. Aceeași configurație se întâlnea și la terapside, strămoșii mamiferelor.

Pe măsură ce terapsidele au evoluat în mamifere, devenind tot mai mici, de la animale de mărimea unor câini mari la câini mici, la pisici, la nevăstuici, la șoareci și chiar la și mai micii chițcani, maxilarul s-a schimbat și el. Dentarul a început să-și asume un rol mai important în cadrul maxilarului ca întreg. Asemenea puiului de cuc neobișnuit de mare care își aruncă din cuib frații vitregi nedoriți, dentarul a împins înapoi astfel încât celelalte oase ale maxilarului au fost fie complet absorbite de el, fie s-au restrâns într-o mică enclavă în partea din spate, lângă scăriță. De fapt, dentarul s-a deplasat atât de mult în spate încât a format propria-i articulație, complet separată, cu craniul, folosind un os cranian diferit, osul scuamos.

Asta a dus la degrevarea osului pătrat de sarcina sa ca articulație temporo-mandibulară. În schimb, fiind apropiat de scăriță, el fost recrutat ca os al urechii și a devenit nicovala (incus). A urmat osul articular, care a devenit ciocănelul (malleus).[12]

*

La unii dintre înaintaşii mamiferelor, articulaţia maxilarului a fost o combinaţie nefirească de dentar cu osul scuamos, şi de os pătrat cu articular. Întrucât osul pătrat şi articularul au evoluat în incus şi malleus, ele au trebuit să îndeplinească două funcţii complet separate. Una a însemnat că au trebuit să formeze o parte a suspensiei maxilarului, care necesită robusteţe. Pentru cealaltă, au trebuit să transmită sunetul, ceea ce presupune sensibilitate. La fel ca în urmă cu multe milioane de ani, în cazul scăriţei la peşti, strămoşii tetrapodelor, acesta a fost un compromis care nu avea cum să reziste.

În sfârşit, osul pătrat şi articularul au fost lăsate să plutească liber în urechea medie — iniţial, ataşate de maxilar printr-o fâşie a cartilajului Meckel care se retrăgea, până când a dispărut şi acesta. Odată cu evoluţia urechii lor medii, mamiferele s-au trezit cu o sensibilitate acută la lumea sunetelor pe care niciun tetrapod nu o experimentase vreodată.

Urechea medie a mamiferelor a evoluat ca o consecinţă directă a tendinţei de miniaturizare[13] — şi a evoluat nu doar o dată, ci de cel puţin trei ori, în mod independent: la strămoşii animalelor care aveau să devină ornitorincul şi echidna care depun ouă din Australasia; la strămoşii mamiferelor marsupiale şi placentare care împreună reprezintă peste 99 % dintre speciile de mamifere existente astăzi; şi, din nou, la multituberculate, un grup de mamifere care arătau mai degrabă ca nişte rozătoare şi au trăit din Jurasic până în Eocen, când au dispărut.

*

Lungul drum de la terapside la mamifere a început în Triasicul timpuriu cu cinodonţi, precum Thrinaxodon. Am putea spune că aducea cu un terier Jack Russell. Cu toate acestea, lăsând la o parte coada sa scurtă, butucănoasă şi mersul legănat, el semăna uimitor de mult cu un mamifer. Avea mustăţi şi blană.[14] Săpa găuri şi vizuini.

Diferenţele erau şi mai pronunţate în structura sa interioară. Chiar şi în acest stadiu incipient, dentarul domina maxilarul inferior, în ciuda faptului că urechea

medie era alcătuită doar din scăriță.

La reptile, dinții sunt simple puncte și sunt înlocuiți de fiecare dată când cade vreunul. Pelicozaurii dovediseră o înclinație pentru a varia formele și mărimile dinților, creând un întreg set de tacâmuri, fiecare ustensilă fiind specializată pentru o sarcină diferită. Această tendință a continuat cu terapsidele, descendenții lor.

Să ne gândim la gorgonopsieni, cu caninii lor supradimensionați, și la dicinodonți, prada lor, care combinau eficient caninii cu un cioc cornos. Și cinodonții aveau canini — numele lor înseamnă „dinte de câine“ — doar că ei au continuat tendința de diferențiere în celelalte tipuri de dinți. Mamiferele au patru tipuri de dinți: tăietori (incisivii), străpungători (caninii), sfâșietori (premolarii) și, în spate, zdrobitori (molarii). Thrinaxodonul avea tăietori și străpungători, însă dinții care urmau după canini nu erau clar diferențiați.

În loc să fie distribuite de-a lungul întregii coloane vertebrale, ca la reptile, coastele Thrinaxodonului erau concentrate către torace — ceea ce am numi astăzi cutia toracică. Aceasta este o caracteristică unică a mamiferelor. Ea indică faptul că Thrinaxodonul avea diafragmă, un strat de mușchi ce separă toracele de viscere și care ar fi permis un proces de respirație mult mai puternic și mai regulat.[15]

O altă adaptare pentru respirație s-a produs în interiorul nasului. Spre deosebire de reptile, la care nările interne se deschid în bolta cavității bucale, aproape de partea din față, Thrinaxodonul dezvoltase o cavitate nazală lungă, aproape complet separată de cavitatea bucală, cu care se întâlnea doar în spate, astfel că aerul putea să ajungă nestingherit la gât și să evite toată masticația pe parcurs. Asta însemna că animalul putea să-și mestece hrana fără a fi nevoit să se oprească pentru a respira. Cavitatea nazală extinsă s-a umplut cu un labirint de volute osoase care susțineau o suprafață mare a membranei mucoase — necesitând un simț ascuțit al mirosului și capacitatea de a încălzi aerul inspirat în timp ce înfuleca un biet animăluț chiar mai mic decât el.

Avem astfel imaginea unui animal activ, cu un metabolism rapid: comparabil cu cel al dinozaurilor, dar dobândit în mod diferit. În loc să aibă o rețea de saci de aer extinsă în tot corpul, diafragma pompa aer înăuntru și în afară. Asemenea dinozaurilor mai mici, Thrinaxodonul și alți cinodonți își conservau căldura cu un înveliș de blană. Întrucât un metabolism rapid are nevoie de mult combustibil,

mâncatul a devenit mai eficient. În loc să înghită hrana întreagă şi s-o digere în tihnă sau, aşa cum fac păsările şi dinozaurii, să o macine cu pietre într-o guşă sau pipotă, Thrinaxodonul folosea o divizie de dinţi diferiţi pentru a-şi tranşa şi mărunţi prada în timp ce aceasta se afla încă în gură, valorificându-şi capacitatea de a respira în timp ce mesteca.

*

Trecerea de la cinodonţi la primele mamifere a fost o poveste continuă care a implicat câteva linii diferite şi variate de terapside. Până în Triasicul târziu, apăruseră animale care nu se distingeau de mamifere în toate privinţele importante. Şi erau mici: Kuehneotherium şi Morganucodon nu erau mai mari decât chiţcanii din zilele noastre, având probabil cel mult 10 centimetri lungime. Aveau urechi medii complet formate,[16] iar dinţii evoluaseră şi ei în incisivi, canini, premolari şi molari zdrobitori.

Molarii erau speciali prin aceea că, în loc să aibă toţi cuspizii ascuţiţi aliniaţi, ca dinţii de rechin, cuspizii tindeau să fie decalaţi pentru a crea o suprafaţă de mestecare bidimensională, cuspizi şi fose din molarii inferiori suprapunându-se cu cei din maxilarul superior. Acest lucru făcea posibilă procesarea mai eficientă a hranei, o armă în plus pentru creaturile mici, cu metabolism foarte rapid, care, doar pentru a rămâne în viaţă, trebuiau să mănânce zilnic o cantitate de insecte egală cu o mare parte din greutatea lor. Totuşi, chiar şi în acea fază timpurie, fiecare mamifer avea propria specialitate alimentară. În timp ce Morganucodon-ul putea să se descurce cu o pradă tare şi crocantă, precum gândacii, gusturile Kuehneotherium-ului mergeau către chestii mai moi, cum ar fi moliile.[17]

*

Metabolismul rapid, stimulat de masticaţia şi respiraţia eficiente, având, parţial, drept rezultat un simţ îmbunătăţit al mirosului; tendinţa aparent nestrămutată de reducere a dimensiunilor corporale, care, la rândul său, a impulsionat evoluţia

auzului acut al frecvenţelor înalte; şi obiceiul de a se ascunde în vizuini. Toate acestea se referă la mamifere care au evoluat într-un habitat ce le fusese inaccesibil aproape tuturor celorlalte vertebrate — noaptea.

În Triasic, Pangeea era din multe puncte de vedere un loc ostil. Departe de ţărmurile bântuite de furtuni ale Oceanului Tethys, o mare parte a uscatului era un deşert în care, pe timpul zilei, solul era prea fierbinte pentru a putea fi atins. Kuehneotherium şi Morganucodon trăiau într-un asemenea deşert, aflat la o latitudine cuprinsă între 20 şi 30 de grade nord de Ecuator. În acest mediu, cea mai bună strategie este să te îngropi într-o vizuină adâncă, ferită de arşiţa zilei, şi să ieşi la vânătoare noaptea sau foarte devreme în zori. Pentru asta, este esenţial un metabolism foarte rapid. În cursa pentru insectele cele mai suculente, reptilele care se bazează pe căldura soarelui ca să se încălzească vor fi depăşite de mamiferele care sunt deja calde. Mai mult, în astfel de situaţii, insectele vor fi amorţite de căldură, devenind o pradă mai uşoară.

Pentru animalele care îşi petrec zilele în vizuini întunecoase şi ies doar noaptea pentru a vâna la lumina stelelor, vederea e mai puţin importantă decât auzul, pipăitul şi mirosul — simţuri care la terapside se îmbunătăţiseră lent, încă de pe vremea Thrinaxodon-ului. Ele s-au perfecţionat la mamifere. În Triasic, ziua, pe sol era petrecerea reptilelor. Noaptea însă le aparţinea mamiferelor. Ea avea să fie terenul lor de joacă pentru următorii 150 de milioane de ani.

*

Orice dinozaur care a trăit vreodată a ieşit dintr-un ou. Lucru cândva valabil şi pentru mamifere. Era un obicei bun fiindcă, după cum am văzut, ouăle permit producerea extrem de rapidă a unui număr mare de pui cu o investiţie parentală destul de mică. Kayentatherium, un terapsid foarte asemănător cu mamiferele, care a trăit în Jurasic — şi, prin urmare, unul dintre ultimele terapside care nu era un mamifer acoperit complet cu blană — ecloza zeci de pui, fiecare arătând ca un adult în miniatură, gata să-şi croiască propriul drum în lume.[18]

Însă se anunţa o schimbare. Una legată de creier. Mamiferele timpurii aveau creiere din ce în ce mai mari. Puii abia ieşiţi din ou au început să arate aşa cum

ne imaginăm că arată puii de animale — relativ nedezvoltați, cu capete mari în raport cu corpurile, în care se aflau creiere ce se dezvoltau cu rapiditate. Țesutul cerebral este foarte costisitor de produs și de menținut și pune o presiune enormă pe animalele mici care deja aleargă cât pot de repede doar pentru a rămâne în viață. Prin urmare, în loc să depună o mulțime de ouă, mamiferele au avut cuibare mai mici și au dedicat mai mult timp îngrijirii fiecărui nou-născut. Femelele au început să secrete din glandele sudoripare modificate o substanță grasă și bogată în proteine, asigurându-se că hrana puilor era plină de toți nutrienții de care aveau nevoie pentru a crește rapid. Noi numim această substanță „lapte“. Istoric și etimologic, prezența organelor producătoare de lapte sau mammae este cea care face ca un mamifer să fie ceea ce este.

*

Viața unui mamifer era tensionată. Când au apărut dinozaurii, în Triasicul târziu, mamiferele deja își perfecționau arta de a avea dimensiuni reduse și de a trăi o viață scurtă, foarte intensă și activă. Dar efortul de a produce energie s-ar fi diminuat dacă ar fi putut reveni la o dimensiune normală, mai ales acum, când aveau de susținut creiere mari.

Problema era că în momentul în care mamiferele au fost capabile să depășească rolul de mici insectivore și necrofage nocturne, dinozaurii evoluaseră, ocupând toate nișele ecologice disponibile. Pe de altă parte, pentru un dinozaur mic, inteligent și activ, mamiferele reprezentau mai mult decât simpla concurență — ele erau pradă.

*

Asta nu înseamnă că mamiferele n-au făcut câteva încercări de a scăpa. Animalele care trăiesc într-un ritm rapid evoluează rapid. Pe vremea dinozaurilor, au evoluat cel puțin 25 de grupe diferite de mamifere.

Ele au fost o gașcă aventuroasă și n-au putut fi supuse. Deși sub domnia dinozaurilor, mamiferele nu au fost niciodată foarte mari, unele au ajuns de mărimea oposumilor, ba chiar a bursucilor — suficient de mari pentru a fura ouă și pui de dinozaur[19] și poate chiar determinându-i pe unii dintre dinozaurii mai mici, cu pene, să rămână în copaci.

Dacă au făcut-o, ar fi împărțit habitatul nu doar cu unul, ci cu cel puțin două genuri complet separate de mamifere care au evoluat în ceva asemănător cu o veveriță zburătoare.[20] Nici mediul acvatic nu era sigur: Castorocauda, un animal care cântărea 800 de grame, avea o coadă turtită ca de castor, blană și dinți ascuțiți, perfecți pentru a se scufunda după pește în iazurile Jurasicului.[21] Madagascarul, dintotdeauna un paradis al ciudățeniilor, găzduia Vintana și Adalatherium, creaturi ce aduceau cu iepurii și care, cu ochi mari și un simț ascuțit al mirosului, ar fi fost atenți la cea mai mică mișcare a unui dinozaur prădător.[22]

*

Când au dispărut dinozaurii, din toate aceste linii evolutive, cât erau ele de vivace, mai rămăseseră doar patru. Supraviețuitorii au fost monotremele care depuneau ouă, marsupialele, mamiferele placentare și multituberculatele. Fiecare își avea originile într-un model evolutiv care era deja adânc înrădăcinat.

Monotremele sunt mamifere în sensul că își alăptează puii, chiar dacă aceștia ies din ouă. Acest grup, reprezentat astăzi de ornitorinc și de echidna din Australasia, este rămășița ultimă și particulară a unei linii foarte vechi de mamifere care a urmat un drum propriu în perioada Jurasicului și a fost descoperită pe toate continentele sudice.[23]

Majoritatea celorlalte mamifere — mamiferele placentare — au renunțat complet la obiceiul de a depune ouă, hrănind un număr mai mic de pui în propriul lor corp. Embrionii mamiferelor au aceleași membrane ca și oul amniotic — doar fără coajă. Într-un gest suprem de devotament altruist, mama însăși și-a asumat acest rol protector. La fel ca descendența monotremelor, și cea a mamiferelor placentare poate fi trasată cu mult timp în urmă, în acest caz până la niște mici

creaturi cățărătoare în copaci, care vânau insecte printre ramurile pădurilor din Jurasic.[24]

Marsupialele însă au ajuns la un compromis inteligent între depunerea de ouă de tip așază-și-uită a monotremelor și hrănirea în întregime internă a mamiferelor placentare. Deși marsupialele își cresc puii în propriile corpuri, la naștere puiul este doar puțin mai mare decât un embrion. Odată ieșit în lumea exterioară, minuscula creatură se târăște prin pădurea de blană a mamei până ajunge într-o pungă și se prinde de un mamelon. Acolo, sugând în siguranță, se dezvoltă până ajunge la termen. Această strategie reprezintă o adaptare la mediile aspre, sărăcăcioase, unde hrana este greu de găsit. Dacă se confruntă cu probleme mari, un marsupial gestant poate să dea afară fătul și să aibă alții mai târziu, dacă și când situația o permite.

În arhiva fosilă[25], marsupialele sunt la fel de vechi ca placentarele și au o istorie lungă și strălucită. S-au descurcat deosebit de bine atunci când au fost limitate la continente insulare, unde au căpătat o varietate remarcabilă de forme. În cea mai mare parte a erei cenozoice, fieful lor a fost America de Sud, pe care au împărțit-o cu foarte ciudatele (și placentarele) edentate — leneși, furnicari, tatu și compania, dar care era dominată de animale precum Thylacosmilus, o versiune marsupială a tigrului cu dinți-sabie, și însoțitorii săi, borhienidele, ce variau ca mărime și comportament de la lupi până la urși. Când America de Sud s-a ciocnit cu America de Nord, o invazie a animalelor placentare din nord le-a spulberat.

Totuși, câteva mamifere sud-americane au ripostat printr-o serie de contrainvazii conduse de leneși și tatu uriași, cu o avangardă de oposumi ce continuă să dea iama prin tomberoanele americane până în ziua de azi. Majoritatea marsupialelor trăiesc astăzi în Australia, unde modul lor unic de reproducere se potrivește interiorului uscat al acelui continent din ce în mai arid.

Așadar, în momentul în care dinozaurii au dispărut în cele din urmă, mamiferele erau pregătite, cizelate de un milion de ani de evoluție. Ele au explodat precum o șampanie îndelung maturată, scuturată înainte și destupată neîndemânatic.

*

Le aşteptau însă prădătorii de top ai lumii post-apocaliptice imediate — care erau nişte păsări, phorusrhacidele. Rude imense, nezburătoare ale berzelor şi cârsteilor, cu cranii de mărimea unui cap de cal, ele decapitau toate mamifere suficient de nesăbuite să-şi părăsească vizuinile. Era ca şi cum se întorsese Tyrannosaurus rex.

Până şi aceste grozăvii au dispărut în praful de pe câmpiile Paleocenului, iar mamiferele — mai ales mamiferele placentare — au proliferat ca mărime şi formă. Primele valuri au părut totuşi ezitante şi imature, ca şi cum erau indecise în privinţa scopului lor. Animale precum pantodonţii şi dinoceratele, arctocionidele şi mesonichianii, toate dispărute de multă vreme, îmbinau caracteristici ale carnivorelor şi erbivorelor. Pantodonţii şi dinoceratele erau erbivore şi au fost printre primele care au ajuns la dimensiuni mari. Unii pantodonţi erau de mărimea rinocerilor, iar unele dinocerate de mărimea elefanţilor. Deşi evident ebivore, aveau nişte canini înfricoşători.[26] Arctocionidele combinau caninii urşilor cu copitele cerbilor.

La fel de ambigui erau mesonichianii. Giganticele păsări ale terorii (phorusrhacidele) şi-au găsit un oponent pe măsură în mesonichianul Andrewsarchus, un animal terifiant, înalt la greabăn cât un stat de om, cu un cap mare cât al ursului brun de Alaska şi care ar fi putut trage un craniu de lup pe o singură nară. Şi mai avea şi copite. Andrewsarchus arăta ca un porc uriaş şi era foarte furios.[27]

*

În pofida asteroidului, la sfârşitul Cretacicului, Pământul era un loc cald şi înmiresmat; iar căldura nu s-a oprit. Dar pe măsură ce Paleocenul se termina şi devenea Eocen, căldura stabilă s-a transformat în arşiţă. Câmpiile şi zonele împădurite s-au preschimbat în jungle. Primul val de mamifere timpurii şi ambigue a fost înlocuit treptat de altele care aveau scopuri mai clare în viaţă. Şi-au făcut apariţia copitatele — mamiferele cu copite —, dar pe atunci, în Eocen, erau mici şi aduceau mai mult cu veverițele, alergând cât le ţineau picioarele

printre copacii înalți, probabil pentru a evita prădători ca Titanoboa, un șarpe de mărimea unui autobuz.[28]

*

Unele dintre primele mamifere paricopitate s-au îndreptat în cea mai neobișnuită direcție imaginabilă — s-au întors în apă și au devenit balene. Mai mult decât atât, au făcut asta cu entuziasm și, din punct de vedere evolutiv, în mare grabă.

Primele indicii ale transformării în balenă — la Pakicetus, asemănător cu un lup alergător, prădător și la Ichthyolestes, de mărimea unei vulpi — au fost maxilarele mai degrabă lungi, cu dinți, o trăsătură întâlnită adeseori la mâncătorii de pește, și diversele pliuri din anatomia urechii interne care pot face posibil auzul în apă.[29] O adaptare și mai evidentă la mediul acvatic a prezentat Ambulocetus, asemănător cu leul-de-mare sau cu vidra, cu membre scurte (deși încă pe deplin funcționale).[30]

Dar nu a durat mult până când balenele au devenit complet acvatice, în forme precum Basilosaurus, lung de 20 de metri, identic cu șarpele-de-mare încolăcit din legende, chiar dacă păstra mici vestigii ale membrelor posterioare ca o amintire a strămoșilor săi tereștri.[31]

După care, nimic nu le-a mai stat în cale. Balenele au înlocuit giganticele șopârle-de-mare — o nișă care fusese vacantă după extincția plesiozaurilor și mosazaurilor la sfârșitul Cretacicului. Ele au devenit mamifere foarte performante, numărându-se printre cele mai inteligente și, totodată, în cazul balenei albastre, cele mai mari animale pe care le-a produs vreodată evoluția. Dar poate mai remarcabilă decât transformarea însăși a fost viteza cu care ea a avut loc — de la alergători complet tereștri, precum câinii, la vietăți complet marine în doar opt milioane de ani.[32]

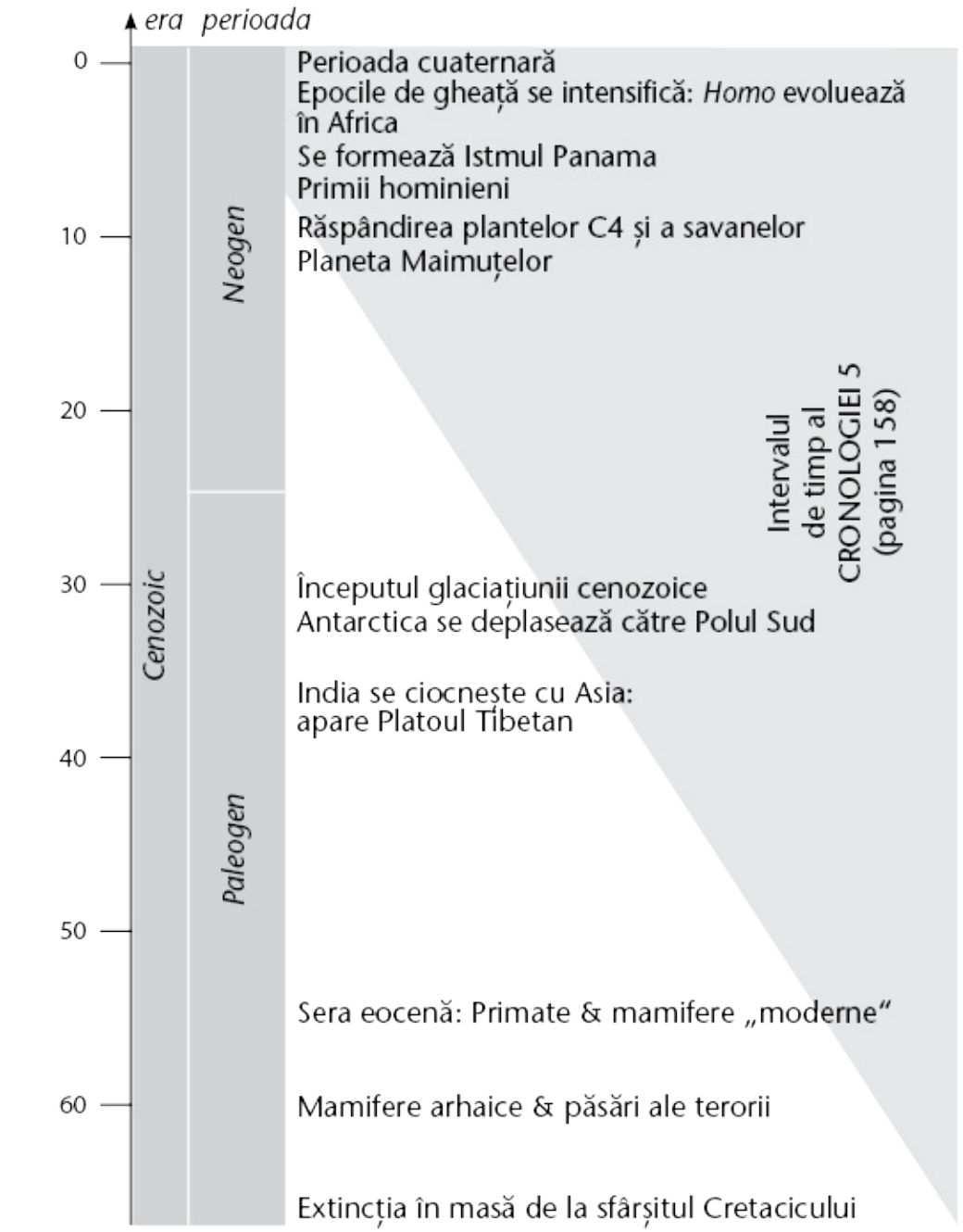
*

O altă transformare a fost poate chiar mai surprinzătoare — fiindcă pare să fi șters aproape orice urmă că s-ar fi petrecut vreodată.

Separarea Africii de America de Sud în perioada cretacică a făcut din ea un continent insular care a rămas izolat timp de aproximativ 40 de milioane de ani. Mamiferele placentare insectivore timpurii ale Africii, lăsate în voia lor, s-au diversificat într-o asemenea măsură încât toate semnele exterioare ale moștenirii lor comune au dispărut.[33] Ele au devenit elefanți magnifici; sirenieni acvatici, precum dugongul și lamantinul; și aardvarkul, tenrecii, cârtița aurie, șoarecii-elefant și hiracșii. Toate fac parte din superordinul Afrotheria, o radiație paralelă cu un grup mai nordic, Laurasiatheria — care include copitatele, balenele, carnivorele, liliecii, pangolinii și restul insectivorelor.

În orice clasificare, există întotdeauna un grup care nu se încadrează nicăieri. În cazul mamiferelor, acesta a fost grupul Euarchontoglirelor — un amestec de scormonitori care cuprindea șobolani, șoareci, iepuri și, aparent aproape ca o completare, primatele. Aceste creaturi mici, agitate, cu ochi orientați în față, vedere în culori, creiere curioase și mâini gata să exploreze, priveau atent din impozantele pădurile tropicale ale Eocenului la o lume în schimbare rapidă.

Cronologie 4. Epoca mamiferelor



Planeta Maimuțelor

Coregrafia derivei continentelor e la fel de implacabilă pe cât este de lentă.

Cu vreo 30 de milioane de ani în urmă, continentul Antarctica se rupsese de Pangeea şi se deplasase atât de mult spre sud, încât era complet înconjurat de ocean. Efectul acestui eveniment singular asupra climatului Pământului a fost profund şi de lungă durată. Pentru prima dată a fost posibil ca un curent oceanic să se rotească neîntrerupt în jurul noului continent. Acest curent a împiedicat apa caldă de la tropice să ajungă pe ţărmurile pe atunci blânde ale Antarcticii. Frigul se lăsa peste vârfurile zimţate, acoperite de copaci ale Munţilor Transantarctici, unul dintre cele mai uluitoare lanţuri muntoase de pe planetă.

S-a întâmplat ca într-un an zăpada care căzuse în timpul iernii să nu se topească în întregime în primăvara următoare şi a rămas pe sol tot anul. S-a adunat şi mai multă zăpadă, strat după strat, secol după secol, transformându-se în gheaţă care nu se mai topea şi continua să crească. În văile adânci au început să se formeze gheţari.

Pe măsură ce Antarctica plutea în continuare în derivă către sud, soarele se afla tot mai jos la solstiţiul de vară, iar nopţile de iarnă au devenit mai lungi. În cele din urmă, a sosit anul când iarna soarele n-a mai răsărit deloc şi continentul a petrecut şase luni neîntrerupte în întuneric. Gheţarii au ajuns atât de mari încât au îngropat şi au depăşit înălţimile lanţurilor muntoase în văile cărora se formaseră. Pereţi de gheaţă au pătruns în ţinuturile joase, măturând totul în calea lor. Coasta nu a reprezentat o barieră. Gheaţa a înaintat în ocean, formând banchize deasupra mării şi dând naştere unor aisberguri care au răcit şi mai mult oceanul din jur.

În câteva milioane de ani, un continent ce fusese cândva luxuriant şi verde devenise un deşert uscat, îngheţat, prea aspru pentru orice formă de viaţă, cu excepţia celei mai primitive — licheni, muşchi — şi chiar şi atunci, doar în locurile cele mai adăpostite, orientate spre nord, de pe marginile masei terestre. Pe de altă parte, mările care îl înconjurau fremătau de viaţă.

La fel s-a întâmplat și în nordul îndepărtat, chiar dacă lucrurile au fost inversate. Continentele nordice, încă în derivă spre nord, înconjurau Oceanul Arctic, așa încât foarte puțină apă caldă putea ajunge la el dinspre sud. În marea nordică începea să se formeze o calotă glaciară permanentă, copiind-o parcă pe cea mult mai întinsă ce acoperea uscatul în sudul extrem. După multe milioane de ani în care Pământul fusese complet lipsit de gheață polară, calotele permanente reveniseră.

Consecințele au fost resimțite pretutindeni. Cândva, lumea fusese suportabil de caldă aproape peste tot, acum însă între poli și tropice au apărut diferențe de climă extreme. Au început să sufle vânturile. Clima a devenit variabilă, mai sezonieră și mai rece.

Asta a marcat sfârșitul planetei junglă pe care cele dintâi primate o numeau acasă.[1]

*

Junglele s-au separat în fragmente izolate de pădure. În spațiile dintre ele au început să apară câmpii întinse, acoperite cu un tip nou de plantă — iarba.[2] Crescând mai degrabă de jos în sus decât de sus în jos, iarba poate fi tăiată continuu fără a fi ucisă. Acest cadou nou și uimitor a fost repede exploatat de animale care au ajuns să o pască. Dar păscutul este o activitate mai grea decât ciugulitul frunzelor moi ale copacilor din junglă, așa cum făcuseră până atunci animalele. Ierburile sunt bogate în siliciu, un mineral care literalmente șlefuiește dinții unui animal în timp ce mestecă.

Copitatele evoluaseră ca exploratori ai pădurii, dar acum au dezvoltat maxilare mai adânci și dinți cu cuspizi multipli capabili să mărunțească această hrană tare. Pe măsură ce evoluau, ele au crescut în dimensiune, iar câmpiile răsunau sub copitele bubuitoare ale cailor și sub picioarele rinocerilor gigantici.

Descendenții micilor creaturi asemănătoare cu un hipopotam care cutreieraseră mlaștinile și zonele umede ale Africii s-au mutat pe solul uscat, tare și au devenit elefanți. Din ce în ce mai mari și mai puternici, odată cu trecerea timpului, au ajuns în savană. Turmele au adus în urma lor prădătorii.

*

Primatele s-au adaptat și ele. Deși multe au rămas în pădurile care se micșorau, ducând o existență tot mai marginală, unele au început să completeze viața în copaci cu episoade la sol. Asemenea copitatelor, au devenit mai mari: maimuțele agitate s-au transformat în versiunea mai chibzuită a maimuțelor antropoide.

În Miocen, Lumea Veche devenise o Planetă a Maimuțelor. Peticele de pădure ce deveneau tot mai rare și ținuturile uscate din jur răsunau de țipetele și chemările lor. Ouranopithecus[3] se legăna în Grecia, în timp ce Ankarapithecus[4] se legăna în Turcia. În centrul Europei patrula Dryopithecus, prin Africa hălăduiau Proconsul, Kenyapithecus și Chororapithecus, unde o rudă a acestuia din urmă a evoluat în gorilă.[5] Existau un Lufengpithecus în pădurile din China și un Sivapithecus în Asia de Sud, unde rudele sale s-au retras la un moment dat în ultimele jungle și, prin intermediul Khoratpithecus-ului din Thailanda,[6] au devenit urangutani.

Unele dintre aceste maimuțe antropoide erau atât de mari încât nu mai puteau să alerge de-a lungul crengilor care cândva fuseseră autostrăzile lor.[7] În schimb, au adoptat o varietate de posturi diferite, precum atârnatul sub ramuri de brațele lor lungi sau o combinație de cățărare și agățare. Cu timpul, unele, precum Danuvius, din Europa Centrală, au ajuns să adopte o postură mai dreaptă.[8]

Nu toate aceste încercări au fost încununate de succes pe termen lung. Oreopithecus, eșuat pe o insulă din Mediterana care avea să devină într-o bună zi Toscana, a experimentat mersul în poziție verticală.[9] Cu toate acestea, s-a stins și el.

*

Iar Pământul a continuat să se răcească. Pădurile s-au micșorat și mai mult, împingând majoritatea maimuțelor antropoide, rămase în refugiile din junglă, în

pădurile adânci din Africa Centrală şi Asia de Sud-Est.[10] Pentru celelalte, alegerea a fost tranşantă: alungarea definitivă din Eden sau extincţia. În afară de tendinţa de a se ridica pe picioarele din spate şi a merge, pribegii n-au luat cu ei mai nimic.

În urmă cu 7 milioane de ani, descendenţii din Eden deveniseră mai buni mărşăluitori decât căţărători. Răcirea climei transformase maimuţele în antropoide şi apoi antropoidele în altceva. Ca de atâtea ori înainte, neliniştitul Pământ, răsucindu-se în somn, şi-a mototolit cuvertura subţire de viaţă, iar viaţa a făcut tot posibilul pentru a rezista. Restul maimuţelor antropoide, împinse de forţe mai puternice decât şi-ar fi putut imagina vreuna dintre ele, au făcut primii paşi pe lungul drum către umanitate.

Mersul în mod regulat, nu doar sporadic, în poziţie verticală este primul semn distinctiv al hominienilor — linia evolutivă umană.[11] Primii hominieni au apărut în Miocenul târziu, în urmă cu aproximativ 7 milioane de ani. Un astfel de hominian a fost Sahelanthropus tchadensis,[12] o creatură care umbla după hrană pe malurile Lacului Ciad din Africa de Vest. Regiunea a fost cândva luxuriantă, iar lacul era unul dintre cele mai întinse din lume. Între timp însă tendinţa climatului de a deveni mai uscat s-a accentuat: lacul s-a micşorat, devenind un vestigiu minuscul a ceea ce fusese cândva, iar ţinutul din jur s-a transformat într-un deşert neospitalier şi dezolant.[13] Sahelanthropus nu a fost singur. În Africa de Est, acum aproximativ 5 milioane de ani, trăiau şi alţi bipezi, precum Ardipithecus kadabba[14] din Etiopia şi Orrorin tugenensis din Kenya.[15] Pentru primate, mersul vertical, la fel ca majoritatea celorlalte inovaţii din preistoria umană, a început în Africa.[16]

*

Statul în picioare şi mersul sunt, pentru noi, atât de uşoare, atât de naturale încât le considerăm de la sine înţelese. Multe mamifere pot să stea drept şi chiar să meargă în două picioare pentru scurt timp. Dar asta necesită efort, aşa că revin repede pe patru picioare, poziţia tipică a mamiferelor.[17] Hominienii sunt diferiţi. Mersul vertical este implicit — în schimb, deplasarea pe patru picioare, folosind mâinile şi picioarele pentru a merge este nefirească şi dificilă. Adoptarea

mersului biped de către o linie de maimuțe care trăiau pe malurile râurilor și la adăpostul pădurilor africane acum 7 milioane de ani a fost unul dintre cele mai remarcabile, neașteptate și derutante evenimente din întreaga istorie a vieții. Ea a implicat o reproiectare completă a corpului, din cap până-n picioare.

La nivelul capului, orificiul prin care măduva spinării pătrunde în craniu s-a mutat din spate (acolo unde se găsește la patrupede) la bază. Această caracteristică, și cam atât, îl identifică pe Sahelanthropus drept hominian. Asta însemna că, atunci când mergea pe membrele posterioare, fața lui era îndreptată mai degrabă înainte decât în sus, spre cer, iar craniul se balansa în vârful coloanei vertebrale în loc să fie susținut dintr-un capăt.

Efectele asupra restului corpului au fost la fel de profunde. Când a apărut, în urmă cu o jumătate de miliard de ani, șira spinării era o structură ținută orizontal, în tensiune. La hominieni, s-a ridicat cu 90 de grade, pentru a fi ținută vertical, în compresie. Tehnic vorbind, această modificare radicală a coloanei vertebrale nu este comparabilă decât cu prima sa evoluție și nu poate fi considerată decât ca inadaptată — dovadă că în prezent problemele spatelui constituie una dintre cauzele cele mai costisitoare și mai frecvente ale deteriorării sănătății la oameni. Dinozaurii au avut mare succes datorită faptului că erau bipezi, dar erau astfel într-un mod diferit — își țineau coloana vertebrală în poziție orizontală, folosindu-și cozile lungi și rigide drept contragreutăți. Însă hominienii, la fel ca maimuțele antropoide, nu au cozi și au ajuns la mersul biped pe calea mai grea.

Problemele s-au accentuat pentru femelele gravide care au trebuit să se adapteze la o sarcină tot mai instabilă și în permanentă schimbare — o situație care și-a pus amprenta asupra evoluției umane. Și nu e de mirare, dat fiind că, în cea mai mare parte a istoriei omenirii, femelele adulte — de care depinde continuarea speciei — și-au petrecut o bună bucată din viață fie gravide, fie alăptând.[18] Ba mai rău: picioarele hominienilor tind să fie mai lungi, în raport cu înălțimea totală, decât ale maimuțelor antropoide. Picioarele mai lungi fac locomoția mai eficientă din punctul de vedere al consumului de energie, dar există un cost: fetusul se află la o înălțime mai mare față de sol, ridicând centrul de greutate și crescând instabilitatea.

Și ca și cum toate astea n-ar fi de ajuns, un hominian trebuie să se miște ridicând un picior de pe sol, schimbând rapid centrul de greutate și apoi corectând situația înainte să cadă — și trebuie să procedeze așa la fiecare pas pe care-l face. Asta necesită un nivel de control remarcabil, în care creierul, nervii și mușchii

lucrează atât de bine împreună, încât noi nici măcar nu ne dăm seama.

Primii hominieni păreau mititei în comparație cu unele dintre animalele cu care împărțeau lumea. În realitate, ei erau avioanele de luptă ale regnului animal. Patrupedele pot să facă gălăgie, să alerge repede și chiar să se răsucească rapid, dar astfel de acțiuni necesită adesea o forță de torsiune controlată de o coadă lungă, șfichiuitoare, ca la ghepard atunci când vânează.[19] În general, animalele cu patru picioare sunt precum avioanele de marfă care, atunci când sunt îndreptate în direcția corectă, continuă să zboare cu temeritate. Lipsite de astfel de ajutoare, ființele umane sunt precum avioanele de luptă — de o maniabilitate aproape supranaturală, cu prețul stabilității: doar cei mai buni piloți ajung să zboare pe cele mai rapide avioane. Hominienii nu doar pășeau, precum dinozaurii, ci și dansau, mergeau țanțoș, pivotau și făceau piruete.

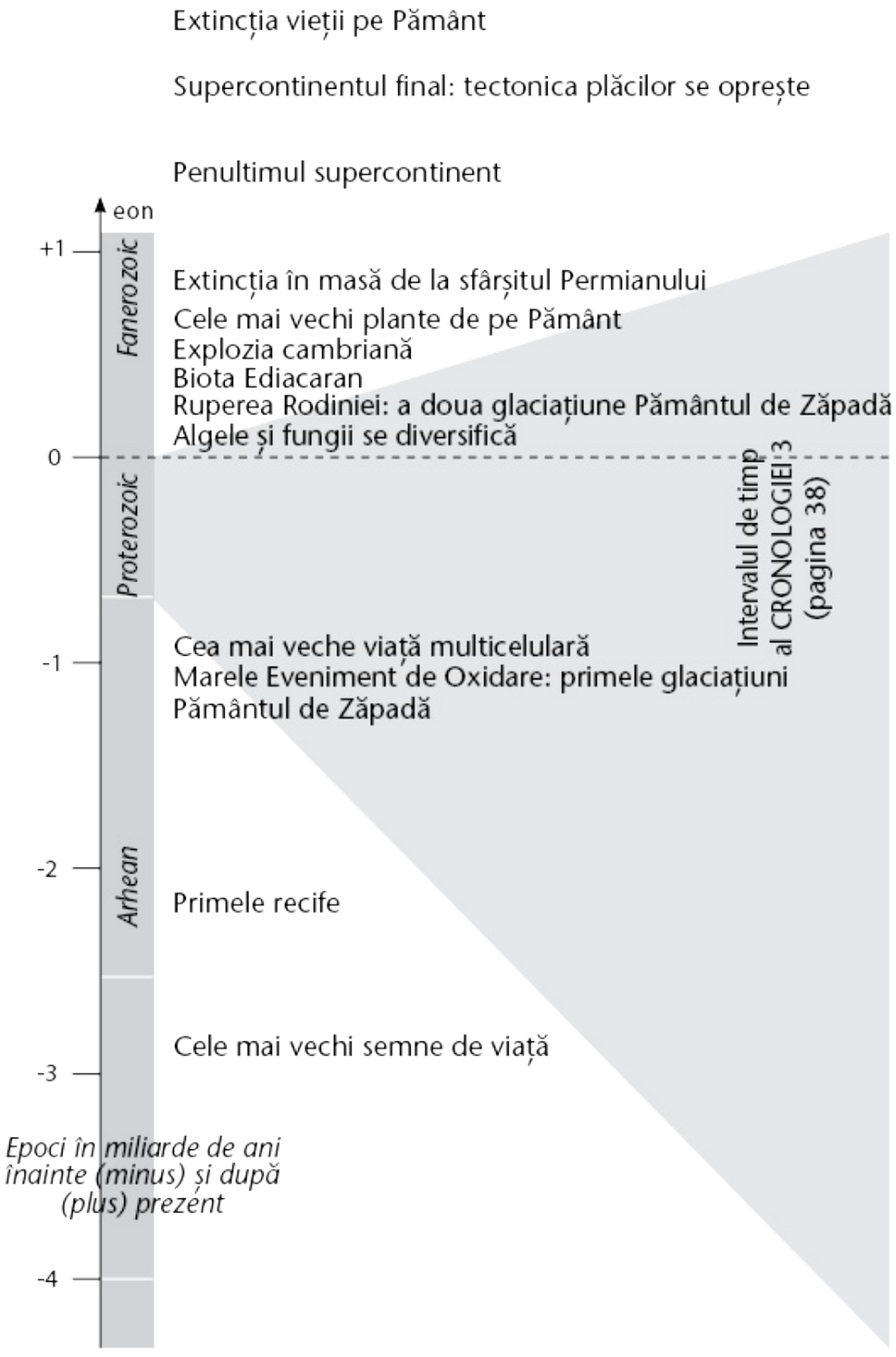
Avantajele mersului biped au fost în cele din urmă enorme. Dar ce este minunat e modul în care a început. Faptul că hominienii se numără printre foarte puținele mamifere pentru care mersul pe două picioare este un fapt de viață cât se poate firesc[20] este o dovadă a improbabilității mersului biped — neputința oricărui om lipsit brusc de folosirea unuia dintre membrele sale posterioare[21] fiind un exemplu puternic în acest sens. Odată ce hominienii au pornit pe calea puțin umblată ce ducea către mersul biped, selecția naturală s-a asigurat că ei trebuiau să devină foarte buni la asta — și foarte repede.

Mersul uman e una dintre minunile mult subapreciate ale lumii moderne. Astăzi, oamenii de știință sunt capabili să identifice structura particulelor subatomice, să detecteze bubuiturile și scrâșnetele găurilor negre care fuzionează la distanță de milioane de ani-lumină, ba chiar să tragă cu ochiul la începuturile universului. Și cu toate astea, nu a fost creat niciun robot care poate imita grația naturală și calitățile fizice ale unei ființe umane obișnuite în timp ce merge.

*

Întrebarea rămâne — de ce? Răspunsul simplu este că mersul biped nu e decât unul dintre numeroasele moduri de deplasare pe care maimuțele antropoide le-au încercat timp de milioane de ani, printre care legănatul, folosindu-și brațele

alungite, cum fac gibonii; cățăratul, folosindu-și toate cele patru membre ca mâini, cum fac urangutanii; și mersul sprijinit în degetele de la mâini specific cimpanzeilor și gorilelor. Dar de ce au încercat hominienii mersul biped, și nu alt mod de a ajunge dintr-un loc în altul, rămâne o întrebare deschisă. Cu siguranță, viața în spații neîngrădite nu-l impune. Multe maimuțe mari, precum macacii și babuinii, trăiesc în astfel de spații și rămân cu toate patru picioarele plantate ferm pe solul dur, uscat.



Cronologie 2. Viața pe Pământ

Sugestiile că mersul biped a eliberat mâinile pentru, să zicem, a confecționa unelte sau a ține în brațe puii nou-născuți nu sunt nici ele credibile, dat fiind că multe animale reușesc să le facă pe amândouă fără să treacă în întregime la mersul biped la care recurg hominienii. În ceea ce-i privește pe primii hominienii, tot ce se poate spune este că s-ar putea ca ei să fi fost cumva preadaptați la acest mers în virtutea unui gen de deplasare vertical de tip cățărare-și-alergare pe care începuseră să-l adopte în copaci, după care mersul pe sol nu ar mai fi reprezentat o schimbare atât de mare. Pentru ei, mersul s-ar putea să fi fost precum cățăratul pe ramuri — dar fără ramuri.

*

În orice caz, mulți și-au păstrat capacitatea de a se cățăra. Picioarele unuia dintre cei mai timpurii, Ardipithecus ramidus, care a trăit acum 4,4 milioane de ani în Etiopia,[22] avea degetele mari de la picioare divergente ceea ce, la fel ca degetele mari de la mână, sugerează abilitatea de a se agăța — semnul distinctiv al unei creaturi care se simte mai bine în copaci decât mergând confortabil în umbra lor.[23] O altă specie, Australopithecus anamensis, care a trăit în Africa de Est în urmă cu 4,2–3,8 milioane de ani, a fost la fel de primitivă în multe aspecte, dar mai sigură pe sol.[24]

Australopithecus anamensis s-a suprapus în timp cu o serie de specii similare. Una dintre acestea, Australopithecus afarensis, a trăit în aceeași regiune în urmă cu 4–3 milioane de ani[25] și a fost adaptată și mai bine la mersul biped. Ea a fost una dintre cele mai de succes specii de hominieni timpurii prin aceea că a depășit granițele Africii de Est, fiind descoperită la vest până în Ciad.[26] Oriunde a cutreierat, a făcut-o la fel de vertical cum o facem și noi în ziua de azi,[27] chiar dacă a continuat să fie un bun cățărător.[28]

Nimic din toate astea nu ar trebui să ne dea impresia că o serie de specii din ce în ce mai bine adaptate la mersul biped s-au înlocuit unele pe altele într-o manieră ordonată, prestabilită. Hominienii erau rari în savanele din Africa de Est, preferând să trăiască într-un mediu amestecat, cu zone ierboase, tufărișuri

lemnoase și ținuturi împădurite umbroase, apropiate de apă,[29] unele specii fiind mai înclinate să trăiască în copaci decât altele. Acum 3,4 milioane de ani, hominieni atârnați în copaci, asemănători cu Ardipithecus, încă hoinăreau prin păduri.[30]

Prin urmare, pentru toți acești hominieni timpurii mersul vertical a fost o parte a rutinei zilnice care includea cățăratul și, probabil, cuibăritul în ramurile unui copac, așa cum fac azi maimuțele antropoide. Pe lângă mediul de viață, hrana a suferit și ea schimbări. Unii hominieni au început să includă în hrana tradițională a primatelor, compusă din fructe, frunze tinere și insecte, alimente mai tari, cum ar fi nucile și tuberculii. Răspunsul evolutiv a dus la schimbări comparabile cu cele întâlnite la copitatele din savană: pometi proeminenți pentru a susține mușchi masticatori uriași, maxilare adânci și dinți ca niște pietre de mormânt. Unele specii de acest tip extrem de specializat, grupate vag în genul Paranthropus, au apărut în Africa în urmă cu 2,6 milioane și 600 000 de ani. Aceste creaturi prin excelență din savană au trăit alături de hominieni mai generalizați — diverse specii de Australopithecus și propriul nostru gen, Homo[31] — dintre care unele au devenit amatoare de o hrană mai suculentă.

*

Cândva, acum aproximativ 3,5 milioane de ani, unii dintre acești hominieni timpurii au prins gustul cărnii, de obicei obținută din prăzile altor animale. Niciun hominian timpuriu nu avea dinți sau fălci pentru a-i face față unui leu sau leopard — dar începuseră să cioplească pietre, să confecționeze unelte ascuțite și să dezvolte arta măcelăriei.[32]

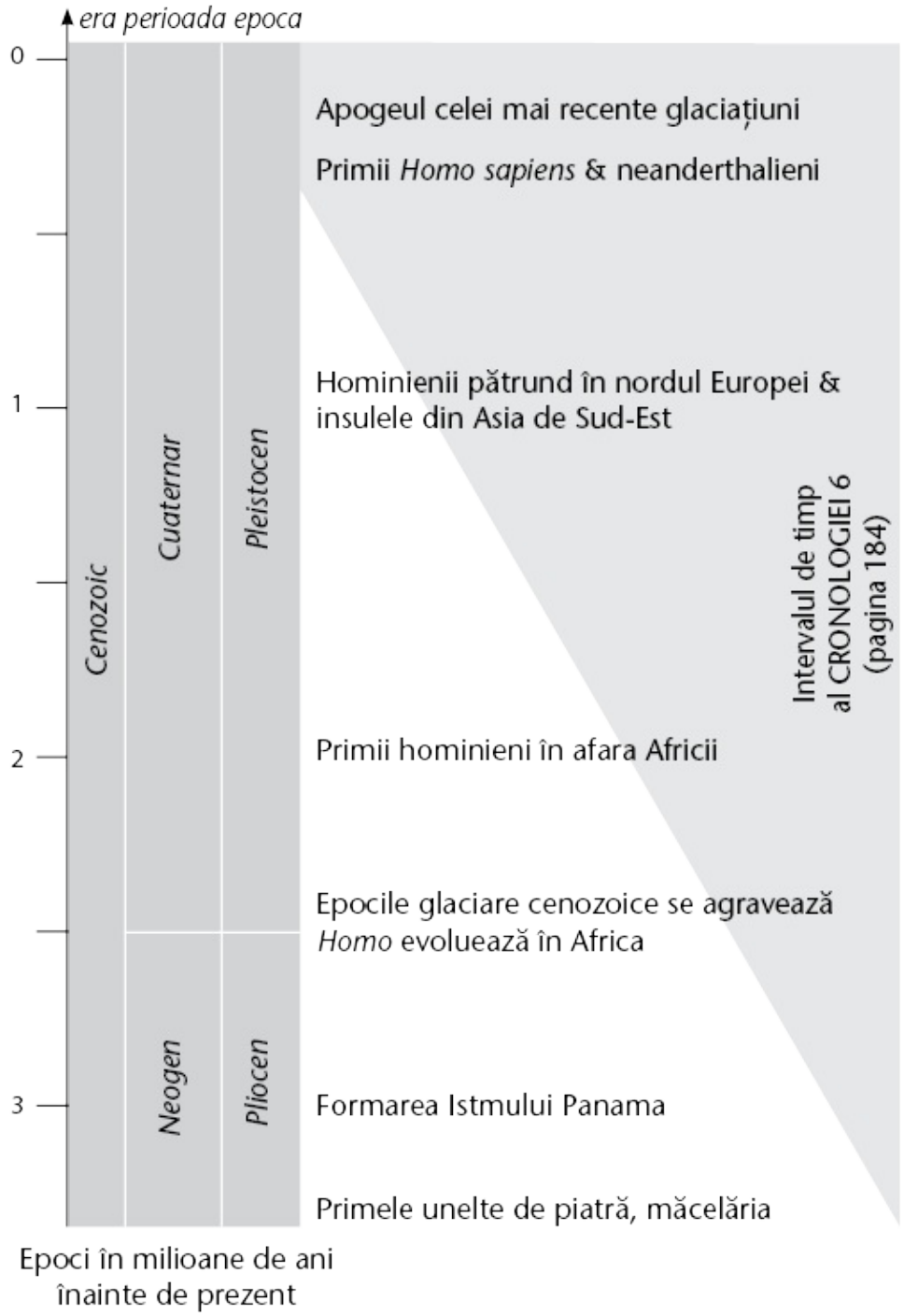
Uneltele cele mai timpurii n-au fost decât simple pietre cioplite.[33] Însă impactul lor asupra vieții umane avea să fie profund. Vederea binoculară bine dezvoltată a primatelor, moștenită de la strămoșii lor care trăiau în copacii din Eocen — împreună cu o piatră aruncată de niște mâini eliberate de necesitatea locomoției terestre — putea să spargă capul unui leu care umbla după hrană sau să alunge vulturii de pe un cadavru. Chiar și înainte de apariția preparării hranei, folosirea acestor simple unelte de piatră pentru a tăia carnea și a zdrobi materia vegetală au sporit semnificativ cantitatea de nutrienți necesari unor creaturi[34] care

trebuiau să fie de o inventivitate fără margini pentru a ține la distanță amenințarea permanentă a foametei. Carnea și măduva scoasă din oasele lungi, sparte cu pietre, sunt pline de proteine și grăsimi vitale și pot fi digerate mai ușor decât rădăcinile fibroase și nucile care trebuiau mestecate cu tenacitate. Hominienii care mâncau carne și grăsime au dezvoltat dinți și mușchi masticatori mai mici. Energia economisită a servit la dezvoltarea unor creiere mai mari; iar timpul câștigat a început să fie folosit pentru a face și altceva în afară de a aduna hrană și de a o mesteca.

Foamea însă a continuat să dea târcoale. În clipele de răgaz, unora dintre aceşti hominieni le-a trecut prin cap că, în loc să fie nevoiți să se bazeze pe resturi deja mestecate de alte animale, carnea putea fi mai suculentă dacă era proaspăt prinsă. Au învățat să confecționeze unelte de piatră mai eficiente.

Dar mai presus de toate, au făcut un pas care avea să fie la fel de revoluționar cum fusese statul în poziție verticală pentru strămoșii lor îndepărtați din păduri: au învățat să alerge.

Cronologie 5. Apar oamenii



În toată lumea

După mai bine de 50 de milioane de ani, declinul lung şi lent al climatului Pământului era pe cale să atingă punctul culminant.

Totul era pregătit.

În sudul extrem, un curent circumpolar menţinea Antarctica sub gheţuri. În nordul extrem, continentele convergente închiseseră Oceanul Arctic în propriu-i iad îngheţat. Dar mai urmau şi altele.

Bătaia finală de gong a venit din spaţiu. Nu sub forma unui impact subit, precum cel care pusese capăt în mod violent domniei dinozaurilor — ci ca o serie de schimbări mici, aproape imperceptibile, ale modului în care Pământul orbita în jurul Soarelui. Astfel de schimbări avuseseră loc tot timpul în fundal, dar efectele lor asupra locuitorilor planetei fuseseră aproape întotdeauna prea mici ca să conteze. Toate astea erau pe punctul de a se schimba.

*

Orbita Pământului în jurul Soarelui nu este perfect circulară, ci uşor eliptică. Dacă ar fi circulară, Pământul s-ar afla mereu la o distanţă fixă faţă de Soare. Dar pentru că orbita este eliptică, distanţa de la Pământ la Soare variază în timpul anului: uneori el este mai aproape de Soare, alteori mai departe. Această abatere de la forma perfect rotundă este cunoscută sub numele de excentricitate şi e determinată de interacţiunea gravitaţională a Pământului cu alte planete în timp ce acestea se rotesc la rândul lor în jurul Soarelui.

În punctul său cel mai apropiat, Pământul se află la 147 de milioane de kilometri de Soare; în cel mai îndepărtat, la 152 de milioane de kilometri. Asta contează foarte puţin în marea schemă a lucrurilor. Uneori, însă orbita Pământului devine

mai excentrică — alungită —, astfel că distanța dintre planeta noastră și Soare ajunge să fie de 129 de milioane de kilometri în punctul cel mai apropiat și de 187 de milioane de kilometri în punctul cel mai îndepărtat. Este ca și cum orbita Pământului „inspiră“ și „expiră“ încet. Fiecare respirație completă durează 100 000 de ani. Cu cât orbita este mai alungită, cu atât clima este mai extremă, deoarece Pământul se apropie mai mult de căldura Soarelui decât în mod obișnuit; și se aventurează mai departe, în întunericul prelung al spațiului adânc.

*

În același timp, înclinația axei Pământului oscilează în raport cu planul revoluției sale în jurul Soarelui.

Schimbarea anotimpurilor și separarea Pământului în zone climatice sunt toate consecințe ale înclinației axiale a Pământului. În timpul verii nordice, Polul Nord este înclinat către Soare la un unghi de 23,5 grade față de verticală. Asta înseamnă că tot ce se află dincolo de 66,5 grade[1] latitudine nordică — adică de Cercul Arctic — este scăldat în permanență de soare. În mod similar, în timpul iernii nordice, când emisfera nordică este îndepărtată de Soare, Arctica zace într-un întuneric total. În emisfera sudică și la Cercul Antarctic, la 66,5 grade latitudine sudică, este invers. Tropicul Racului și Tropicul Capricornului, aflate la 23,5 grade latitudine nordică, respectiv sudică, marchează cele mai îndepărtate puncte de Ecuator în care la amiază Soarele se află exact deasupra capului.

Valoarea actuală de 23,5 grade reprezintă o medie. Înclinația axială poate varia între 21,8 și 24,4 grade, cu o perioadă de aproximativ 41 000 de ani. Gradul de înclinație afectează variațiile anotimpurilor. Când înclinația este mai mare, verile vor fi — în medie — ceva mai fierbinți, iernile mai reci; ținuturile Arcticii și Antarcticii vor fi mai vaste; iar la Tropice, Soarele se va afla deasupra capului la amiază în timpul solstițiului de vară la o latitudine mai mare. Cu alte cuvinte, clima Pământului devine, foarte lent, mai extremă. Când înclinația axei este mai mică de 23,5 grade, climatul este în general mai blând.

*

Un al treilea ciclu este precesia, în care însăşi axa polară înclinată a Pământului se roteşte, deşi mult mai încet decât ciclul de rotaţie zilnic — la fel cum se roteşte axa unui titirez în timp ce acesta se învârte. Ciclul respectiv durează 26 000 de ani. El poate fi observat, de către aceia suficient de răbdători, printr-o mişcare lentă a polului care descrie un cerc în jurul cerului. În prezent, Polul Nord pare să indice, mai mult sau mai puţin, către steaua Polaris, „Steaua Polară“, din constelaţia Ursa Mică. Însă datorită precesiei, Polaris va fi înlocuită cu timpul de Vega, din constelaţia Lyra, o altă stea nordică remarcabilă.[2] Aceasta va fi clar vizibilă pentru oricine este dispus să aştepte 13 000 de ani.

*

Ca urmare a acestor trei cicluri, fiecare suplimentându-le pe celelalte, cantitatea de lumină solară primită de orice punct de pe planetă se schimbă în mod periodic. Rezultatul este că Pământul trece printr-un val de frig aproximativ o dată la 100 000 de ani.[3]

Orbita Pământului a respirat, s-a clătinat şi s-a înclinat la fel timp de milioane şi milioane de ani, iar efectul general a fost foarte mic. Sau fusese — până în urmă cu vreo 2,5 milioane de ani. Până atunci, faptele din teren — lucruri precum fuzionarea şi desprinderea continentelor, cu perturbarea aferentă a chimiei oceanelor şi atmosferei — avuseseră o importanţă mult mai mare pentru organismele vii. S-a întâmplat însă ca acum 2,5 milioane de ani, impactul mecanismului cosmic de deasupra să fie mai degrabă amplificat decât disipat de configuraţia pământului de dedesubt.

Cu gheaţa deja existentă la poli, condiţiile erau perfecte. Mecanismul cosmic şi deriva continentală şi-au dat mâna, propulsând întreaga planetă într-o serie de epoci glaciare. Acestea au început blând, dar au devenit, în general, mai dure şi continuă până în prezent. Fiecare episod glaciar durează în jur de 100 000 de ani, cu o pauză de vreo 10 000–20 000 de ani, când climatul poate deveni, pentru o scurtă vreme, foarte călduros, ba chiar tropical, inclusiv la latitudini înalte.

Cea mai rece perioadă din cel mai recent val de frig a fost acum 26 000 de ani. O

mare parte a nord-estului Americii de Nord a fost îngropată sub ceea ce este cunoscut sub numele de Stratul de Gheață Laurentide, iar vestul Americii de Nord sub Stratul de Gheață Cordilleran. Cea mai mare parte a nord-vestului Europei se afla sub Stratul de Gheață Scandinav. Lanțurile muntoase, din Alpi și până în Anzi, gemeau sub ghețari. În restul emisferei nordice, tot ce nu era înghețat era un amestec de stepă uscată și tundră, fără copaci și bătută de vânturi.

Toată acea apă transformată în gheață trebuia să vină de undeva: nivelul mediu al mării era cu 120 de metri mai scăzut decât este astăzi. În momentul de față suntem de 10 000 de ani într-o perioadă călduroasă și nivelul mării este, în medie, mai ridicat decât a fost timp de vreo două milioane de ani.

Schimbările climatice impuse de epocile glaciare au fost adeseori foarte rapide și, ca să nu spunem mai mult, turbulente. Cele mai mari contraste pot fi observate în Marea Britanie, care se află în vestul extrem al masei continentale eurasiatice și, în consecință, este foarte sensibilă la schimbări din ocean și la vânturile dominante din vest. Acum o jumătate de milion de ani, Britania era îngropată sub un strat de gheață gros de o milă. În schimb, cu 125 000 de ani în urmă, clima era atât de caldă, încât leii vânau cerbi pe malurile Tamisei, iar hipopotamii se tăvăleau în noroi până departe în nord, la râul Tees. Acum 45 000 de ani, Britania era o stepă lipsită de copaci, unde iarna mișunau elanii, iar vara, bizonii.[4] În urmă cu 26 000 de ani, era prea frig până și pentru elani.[5]

*

Aceste schimbări radicale ale climei au fost modulate și mai mult de curenții oceanici și chiar de prezența gheții însăși.

Principalul motiv pentru care Britania are astăzi o climă blândă, având în vedere mai ales latitudinea sa relativ nordică, este că țărmurile ei sunt scăldate de un curent oceanic cald ce avansează către nord-est dinspre zona Bermudelor. Când ajunge în regiunea Groenlandei, acest curent întâlnește apa polară din nord, se răcește, eliberează aerul său cald în atmosferă și — întrucât apa rece este mai densă decât apa caldă — coboară la fund și pornește din nou spre sud, formând o parte a unui sistem planetar de curenți oceanici de mare adâncime.

Clima Britaniei este extrem de sensibilă la latitudinea la care curentul ce se îndreaptă spre nord se răcește și coboară. Dacă acest curent ar trece mai la sud decât o face acum, clima Britaniei ar fi cu mult mai rece. În perioadele cele mai reci ale epocilor glaciare, curentul nu a depășit coastele nordice ale Spaniei. Ca urmare, clima Britaniei semăna mai mult cu cea din nordul Labradorului decât cu cea actuală.

Curentul oceanic mondial (de adâncime) este determinat nu doar de căldură, ci și de salinitate. Cu cât apa din curentul cald ce se îndreaptă spre nord-est în Atlanticul de Nord este mai sărată, cu atât va fi mai caldă, și cu atât mai repede va coborî către fundul oceanului când ajunge în Groenlanda. Un efect colateral al acestui fapt este că gheața, care plutește, tinde să fie mai puțin sărată decât marea, în general.[6]

O problemă a apărut către sfârșitul ultimul episod glaciar, când o tendință generală de încălzire a dus la ruperea și prăbușirea unor aisberguri din Stratul de Gheață Laurentide în Atlanticul de Nord. Deversarea bruscă în mare a unor cantități enorme de apă rece și dulce a făcut ca marea să fie mai puțin sărată, iar circulația apei în oceane a scăzut.[7] Rezultatul a fost o serie de scurte perioade de frig în cadrul tendinței generale de încălzire.

Cât privește gheața însăși, ea este foarte strălucitoare și reflectă lumina soarelui. Cu cât există mai multă gheață, cu atât lumina solară este reflectată mai mult în spațiu și pământul este mai puțin încălzit, ceea ce lasă mai multă gheață netopită, care reflectă mai multă lumină solară; și continuă așa, într-o buclă de reacție pozitivă.

Toți acești factori înseamnă că efectele magnificului mecanism cosmic sunt mai puțin previzibile decât ne-am putea imagina, iar schimbările climatice pot fi foarte bruște. Chiar la sfârșitul ultimei glaciațiuni, acum aproximativ 100 000 de ani, clima Europei a trecut de la subarctică la moderat temperată în decursul unei vieți de om.

*

Schimbările dramatice ale climei au fost cele mai severe la marginile

continentelor și către poli, însă efectele lor s-au simțit și la tropice, unde diferitele specii de hominieni trăiau, chiar dacă precar, în savanele și la liziera pădurilor africane. Ideea unei lumi acoperite de gheață nu le apăruse nici în visurile lor cele mai întunecate. Problema lor stringentă era că, deja uscat, climatul devenea și mai arid.

Și totul s-a întâmplat destul de brusc, cu aproximativ două milioane și jumătate de ani în urmă.[8]

Pădurile s-au uscat.

Vânatul a devenit mai puțin, mai temător, mai greu de găsit și de ucis.

Nu mai era posibil ca hominienii să ducă genul de existență simplă, săpând după rădăcini aici, umblând după leșuri de animale dincolo. Diversele specii de Paranthropus au continuat să sape cu obstinație, sfărâmând între maxilarele lor puternice nuci și transformând tuberculii într-o pastă, însă pentru ei viața s-a complicat. Cu timpul, grupurile rătăcitoare de Paranthropus s-au răsfirat și, undeva acum o jumătate de milion de ani, pe când nordul Europei și America de Nord încă gemeau sub greutatea gheții, au dispărut din savană.

Dar la momentul respectiv a apărut un nou hominian, foarte diferit de tot ceea ce existase până atunci. Era mai înalt decât orice alt hominian de dinaintea lui. Era mai inteligent. A adoptat poziția bipedă pe care hominienii o adoptaseră cu milioane de ani în urmă și a perfecționat-o. În timp ce Paranthropus devenise un vegetarian specializat, iar alți hominieni culegători și necrofagi oportuniști, această specie nouă ajunsese să fie un prădători al savanei.

Noi am denumit această creatură Homo erectus.

Comparat cu hominienii precedenți, Homo erectus era construit pe un schelet complet diferit. După cum sugerează și numele, era mult mai înalt, mai vertical. Coapsele sale erau mai înguste, iar picioarele erau proporțional mai lungi, făcând mersul mai eficient. Brațele erau proporțional mai scurte: cățăratul era mult mai puțin important în activitatea sa de zi cu zi. Deși hominienii erau bipezi de 6 milioane de ani, își păstraseră tot timpul anumite abilități de a trăi în copaci. Homo erectus a fost primul hominian care s-a dedicat complet vieții pe două picioare.

Acest angajament a adus cu sine o mulțime de schimbări. Hrana lui Homo

erectus includea mult mai multă carne. După cum am văzut, carnea este mai ușor de digerat decât materia vegetală și conține mai mulți nutrienți și calorii. Homo erectus avea un intestin mai mic și își putea permite să aibă un creier mai mare. Acest aspect este important deoarece creierele necesită multă energie pentru a funcționa. Deși reprezintă numai a cincizecea parte din masa corpului, creierul consumă a șasea parte din energia disponibilă.

Datorită intestinului mai mic, Homo erectus avea o talie mai bine definită decât strămoșii săi ceva mai îndesați și mai burtoși. Coapsele lui erau mai înalte și mai înguste, permițând torsului să se răsucească ușor în raport cu picioarele. În același timp, el își ținea capul mai sus, pe un gât mult mai bine definit. Asta a însemnat că Homo erectus putea să facă ceva nou: putea să alerge, legănându-și brațele în sensul opus mișcărilor pașilor, în timp ce-și ținea ochii și capul îndreptate înainte, către ținta sa.

Alergarea a devenit foarte importantă. Deși Homo erectus a fost un sprinter slab în comparație cu, să zicem, un ghepard sau o antilopă impala, el a excelat la alergarea pe distanțe lungi. Fiind foarte răbdător, Homo erectus putea să urmărească animale de pradă mari kilometru după kilometru, ore întregi, până când animalul hăituit se prăbușea efectiv din cauza căldurii.[9]

Vânătorii resimțeau căldura mult mai puțin decât prada lor. Aceasta se datora, în parte, faptului că Homo erectus era mult mai puțin blănos decât majoritatea celorlalte animale. Mai exact, el avea aceeași cantitate de păr, numai că acesta era subțire și foarte scurt. Spațiile dintre firele de păr erau pline de glande sudoripare care eliminau apă și răcoreau corpul prin evaporare — ceva ce animalele cu multă blană nu puteau face.

În ciuda acestor performanțe impresionante, era nevoie de mai mult de un vânător fusiform și lipsit de păr pentru a încolți o antilopă, chiar și una care era pe moarte. Mai mult decât în orice alt moment din istoria hominiană era important ca vânătorii să colaboreze, să lucreze în grup.

Dar coeziunea care era vitală la vânătoare a fost creată acasă.

*

Asemenea multor altor prădători în câmp deschis, cum ar fi, de pildă, câinii de vânătoare, Homo erectus era un animal social, înclinat către activităţi, precum etalarea sexuală, violența extremă și prepararea hranei.

La un moment dat în evoluția sa, diversele triburi de Homo erectus au învăţat cum să folosească focul și au descoperit că prepararea hranei poate fi o experiență gustoasă și amuzantă. La vremea aceea, ele erau mai puțin conștiente că în felul acesta hrana elibera mai multe substanțe nutritive și omora orice paraziți sau boli pe care le puteau conține alimentele crude. Triburile[10] care au folosit focul au avut o viață mai lungă, mai sănătoasă și au produs mai mulți descendenţi decât cele care nu au făcut-o. În cele din urmă, acele triburi care nu foloseau focul au pierit.

Existența triburilor a însemnat că Homo erectus a fost, într-o anumită măsură, teritorial. Primatele, mai mult decât oricare alte mamifere, sunt predispuse la violență agresivă și chiar la crimă.[11] Hominienii sunt cei mai sângeroși dintre toate, dar sunt la fel de iubitori pe cât sunt de luptători, parte a unui sindrom care include structura socială, etalarea sexuală și socială — și relativa absență a părului la vânătorii din zonele foarte călduroase.

Absența părului permite mult mai mult decât eliminarea căldurii în exces. Alături de poziția bipedă, ea expune vederii părțile intime ale unei ființe umane. Etalarea sexuală în public poate explica faptul, altfel derutant, că masculii umani au penisuri mult mai mari, în raport cu masa corporală, decât alte primate.

În plus, etalarea sexuală — și nevoia de coeziune de grup — pot explica de ce sânii femeilor sunt proeminenți tot timpul, nu doar în timpul alăptatului. La alte mamifere, mameloanele aproape că dispar atunci când femela nu alăptează.

Din același motiv, organele genitale ale femeilor arată la fel, indiferent dacă ele sunt la ovulație sau nu. La alte primate, organele genitale externe ale femelei sunt adesea extrem de umflate în timpul estrului, indicând absolut clar statutul ei reproductiv oricărui membru al grupului. La oameni, statutul reproductiv al unei femei e atât de ascuns încât este un secret chiar și pentru ea însăși.

La oameni, nu există un „sezon de împerechere“ în timpul căruia masculii și femelele întreţin relaţii sexuale în public, cum se întâmplă la alte mamifere. Aceasta este, parţial, o modalitate de a demonstra și de a impune un statut social. În schimb, ființele umane pot fi fertile (sau nu) în orice moment al anului și

preferă să aibă relaţii sexuale atunci când alţi membri ai grupului nu privesc.

Deşi sunt foarte sociali şi sociabili, oamenii tind să formeze perechi stabile pentru creşterea urmaşilor. Deşi sistemele de împerechere variază enorm în rândul oamenilor, regula generală este ca un mascul şi o femelă să dezvolte o legătură care durează de-a lungul anilor necesari pentru a-şi creşte copiii.

Asta se reflectă în gradul relativ scăzut de diferenţiere între masculi şi femele — cunoscut sub numele de dimorfism sexual. La speciile animale, unde masculii tind să monopolizeze un grup mare de femele, masculii sunt mult mai masivi decât femelele. Acest lucru este adevărat astăzi la gorile, o maimuţă antropoidă mare ce trăieşte în grupuri mici în care un harem de femele mici este dominat de un singur mascul mare.[12] Masculii umani tind să fie, în medie, mai masivi decât femelele umane, dar această diferenţă este relativ mică. La oameni, dimorfismul sexual e mult mai puţin legat de masă decât de distribuţia părului corporal şi a grăsimii subcutanate.

Dacă oamenii formează perechi stabile, atunci de ce masculii umani au penisuri atât de mari şi de ce sânii femelelor sunt mereu proeminenţi, ca şi cum indivizii de ambele sexe îşi anunţă încontinuu disponibilitatea? Şi invers, de ce organele genitale ale femelei nu ies niciodată în evidenţă, indiferent de statutul reproductiv? De ce estrul e mereu ascuns, iar sexul are loc în privat? Dacă perechile sunt complet stabile, nimic din toate astea nu ar trebui să conteze.

Răspunsul este că, deşi cuplurile sunt ideale pentru creşterea nemijlocită a urmaşilor, fiinţele umane practică adulterul mai mult decât se crede de obicei. Se spune că e nevoie de un sat pentru a creşte un copil, iar acest lucru este adevărat mai ales în privinţa copiilor de hominieni, care la naştere sunt relativ subdezvoltaţi şi neajutoraţi.

Faptul că nimeni nu poate fi absolut sigur de paternitatea unui anumit copil va favoriza cooperarea între familii. Această cooperare se va reflecta în camaraderia masculilor în toate partidele de vânătoare. Nefiind siguri cine este tatăl unui copil, masculii vânează nu doar pentru membrii propriei familii, ci pentru tot tribul.

Într-un număr considerabil de privinţe, moravurile sociale şi sexuale ale oamenilor au mai multe în comun cu moravurile păsărilor decât cu ale altor primate. Multe păsări sunt sociale, teritoriale, practică etalarea sexuală şi trăiesc

în grupuri familiale în care puii mai mari îşi ajută părinţii la creşterea fraţilor mai mici înainte de a părăsi casa şi a căuta teritorii pentru ei înşişi. Multe specii de păsări formează perechi care, în public, sunt stabile, dar femelele nu se sfiesc să se împerecheze, în secret, cu alţi masculi, atunci când partenerul lor oficial este plecat la vânătoare. Asta înseamnă că un mascul nu poate fi niciodată sigur care dintre puii pe care îi creşte sunt ai lui şi care au fost făcuţi cu altul.[13]

Confruntaţi cu o astfel de situaţie, masculii tind să-şi asigure interesele. În societăţile umane, cea mai bună strategie este cooperarea cu alţi masculi. Până la urmă, adulterul contribuie la relaţiile de prietenie între masculi şi menţine societăţile unite, în ciuda apariţiei unor legături de cuplu.

Homo erectus semăna foarte mult cu noi. Dar asemănările pot fi înşelătoare. Dacă ne-am uita în ochii lui Homo erectus, nu am vedea şocul recunoaşterii, ci doar viclenia unui prădător, de pildă, a unei hiene sau a unui leu.[14] Homo erectus era deconcertant de inuman.

Majoritatea mamiferelor se nasc, cresc rapid, se reproduc cât se poate de repede şi, imediat ce capacitatea lor de reproducere se epuizează, mor. Acelaşi lucru a fost valabil şi pentru Homo erectus. Copiii lor treceau rapid de la pruncie la maturitate, fără lunga perioadă de copilărie ce caracterizează fiinţele umane.[15] Când mureau, cadavrele lor erau ignorate, abandonate ca nişte stârvuri. Homo erectus nu aveau nici cea mai vagă idee despre viaţa de apoi. Nu aveau nicio viziune asupra paradisului. Nu se temeau de niciun iad. Şi, cel mai important, nu aveau bunici care să le spună poveşti şi să funcţioneze ca păstrători ai tradiţiei.

*

Şi totuşi, şi totuşi — Homo erectus a fost autorul celor mai frumoase artefacte: acele pietre meşteşugite, în formă de lacrimă, lucrate cu pricepere, aproape ca nişte bijuterii, cunoscute de toată lumea drept topoare de piatră, artefactul caracteristic culturii uneltelor de piatră, Acheulean.[16]

Toporul de piatră este atât de distinctiv pentru că are, mai mult sau mai puţin, acelaşi design oriunde se întâlneşte, indiferent de vârsta sa sau de materialul din care este făcut. Asocierea lui cu o anumită specie — Homo erectus — sugerează

că topoarele de piatră, cu toată frumusețea lor indiscutabilă, au fost făcute conform unui model consacrat și stereotip. Ele au fost create la fel de instinctiv cum își fac păsările cuib. Dacă, în timp ce lucra un topor de piatră, creatorul făcea vreo greșeală în secvența de lovituri necesare pentru a-l ciopli dintr-un bloc de cremene, nu încerca s-o repare sau să-l folosească în alt scop. El arunca pur și simplu obiectul greșit și o lua de la capăt, cu un bloc nou.

Această teribilă — pentru noi — sălbăticie este subliniată de faptul că niciun om modern nu a înțeles pe deplin la ce foloseau topoarele de piatră. Deși multe au mărimea potrivită pentru a fi ținute confortabil în mână, putând fi folosite drept cioplitoare, unele sunt mult prea mari pentru o asemenea utilizare. În orice caz, de ce au făcut-o? Este foarte ușor să desprinzi dintr-o bucată de cremene o lamă suficient de ascuțită pentru a jupui un cadavru, să zicem, sau a îndepărta carnea de pe oase. Prin urmare, de ce să-ți bați capul să faci ceva atât de complex și de frumos ca un topor de piatră în scopul ăsta? Dacă cineva urmează să arunce cu pietre — sau chiar să folosească o praștie — pentru a doborî prada sau un dușman, de ce să-și mai bată capul să creeze un astfel de topor dacă urmează să fie pur și simplu aruncat?

Noi tindem să credem că produsele tehnologice au un scop, iar acesta ar trebui să fie evident din modul în care sunt executate. „Pentru a vedea un lucru e necesar să-l înțelegi“, scria Jorge Luis Borges în scurta sa povestire de groază There Are More Things:

Fotoliul presupune corpul uman, articulațiile și părțile lui; foarfecele, actul de tăia. Ce să mai spun despre o lampă ori un vehicul? Sălbatecul nu poate să perceapă biblia misionarului; călătorul nu vede același tachelaj ca membrii echipajului. Dacă am vedea cu adevărat universul, l-am înțelege, poate.*[17]

Trufia noastră vine din tendința pe care o avem de a atașa construcției elaborate a obiectelor exterioare corpului un fel de direcție sau scop conștient ce este în mod distinct și exclusiv uman. O privire aruncată unui stup de albine, unui furnicar sau unui cuib de pasăre va dovedi imediat că această asociere este falsă.

Pe de altă parte, Homo erectus a făcut, uneori, lucruri care ni se par foarte

omeneşti — ca, de pildă, să scrijelească linii tăiate pe scoici.[18] În ce scop, nimeni nu ştie. Este de asemenea posibil ca Homo erectus să fi stăpânit arta navigaţiei cu pânze sau cu canoea pe mare — o dorinţă cât se poate de umană. După cum am văzut, Homo erectus a fost primul hominian care a învăţat să îmblânzească şi să folosească focul.

Orice altceva a fost, a făcut sau a gândit, Homo erectus a fost unul dintre răspunsurile evoluţiei la schimbarea bruscă a climei acum aproximativ două milioane şi jumătate de ani. În loc să se retragă, aşa cum au făcut restul maimuţelor mari, în pădurile a căror suprafaţă era tot mai mică şi să ducă acolo un soi de viaţă de parcuri de distracţii în memoria unui trecut dispărut,[19] sau să încerce să-şi continue traiul sărăcăcios în savana stearpă, cum a încercat să facă Paranthropus şi, în final, a eşuat, Homo erectus a început să străbată distanţe mai mari decât o făcuseră alţi hominieni, doar pentru a trăi din ceea ce-i oferea Pământul necruţător.

În cele din urmă, Homo erectus a fost primul hominian care a plecat din Africa.

*

Acum aproximativ două milioane de ani, Homo erectus se răspândise pe întreg continentul.[20] Dar el n-a lăsat ca iarba savanei să-i crească sub picioare. În urma schimbărilor climatice, pădurile se reduseseră într-o asemenea măsură încât savana se întindea neîntreruptă de-a lungul Africii, Orientului Mijlociu şi Asiei Centrale şi de Est. Pajiştile nesfârşite gemeau de vânat, iar Homo erectus l-a urmat peste tot.

Acum 1,7 milioane de ani, poate chiar mai înainte,[21] ajunsese deja până în China mergând pe urmele turmelor. În urmă cu trei sferturi de milion de ani, Homo erectus folosea în mod regulat peşterile din Zhoukoudian, aflate astăzi în suburbiile Beijingului.[22]

Şi pe măsură ce s-a răspândit, Homo erectus a evoluat.

Homo erectus a fost strămoşul[23] proteic al unei varietăţi uriaşe de specii ce au evoluat din specia anterioară: comparabil cu giganţii şi hobbiţii, troglodiţii şi

yeti și — în ultimă instanță — cu noi. Tendința către diversitate a început devreme. Un trib de Homo erectus care a trăit în Georgia, în Munții Caucaz, în urmă cu aproximativ 1,7 milioane de ani, avea o descendență atât de pestriță încât, din perspectiva noastră modernă, e greu să ne imaginăm că aparțineau toți aceleiași specii.[24]

În urmă cu un milion și jumătate de ani, triburi de Homo erectus pătrunseseră în partea insulară a Asiei de Sud-Est. Pentru asta nu au trebuit decât să mărșăluiască. Nivelul mării era atât de scăzut, încât cea mai mare parte a regiunii era formată din uscat. Numeroasele insule pe care le vedem astăzi sunt fragmente pe jumătate înecate ale unui ținut cândva mult mai vast. Homo erectus a trăit în Java până acum cel puțin 100 000 de ani[25] — rezistând până la sfârșit în timp ce nivelul mării creștea și jungla îi împresura din nou.

S-ar putea chiar să fi supraviețuit suficient încât să asiste la sosirea în regiune a descendenților lor — oamenii moderni.[26] Dacă s-au întâlnit, întâlnirea se va fi terminat prost pentru ceea ce, în ochii oamenilor moderni, părea a fi o maimuță de pădure mare, dar reticentă, doar una dintre cele câteva specii native din regiune, precum urangutanii și uriașul lor văr Gigantopithecus.

*

După ce a ajuns în insulele din Asia de Sud-Est, evoluția lui Homo erectus a luat câteva turnuri surprinzătoare. Limitate la insule odată cu creșterea nivelului mării, diversele triburi, despărțite de continent, au evoluat în mod specific.

Unul dintre ele a ajuns în Luzon, în Filipine, unde a vânat rinocerii[27] nativi cam în aceeași perioadă în care verii lor de pe continent făceau focul în estul Chinei. Odată izolați, membrii tribului au evoluat în Homo luzonensis, o specie de statură mică.[28] Pe lângă faptul că erau mici, erau, în multe privințe, și primitivi. Odată cu întoarcerea junglei, acești hominieni au revenit la viața în copaci. Ei au supraviețuit până în urmă cu cel puțin 50 000 de ani. Când au sosit primii oameni moderni, acești descendenți atipici ai unui vânător din savana africană trebuie să-i fi privit dintre crengi pe noii invadatori cu nedumerire și groază.

*

O soartă la fel de ciudată îi aştepta pe membrii unui alt grup de Homo erectus care a ajuns în Flores, o insulă aflată mult la est de Java.

Aceştia au debarcat cu peste un milion de ani în urmă, lucru surprinzător în sine întrucât ei nu ar fi putut să meargă acolo pe jos, aşa cum merseseră strămoşii lor spre alte insule mai apropiate de continent. Chiar şi când nivelul mării era în punctul său cel mai scăzut, Flores era separată de restul lumii prin canale adânci.

E posibil ca ei să fi ajuns acolo în mod accidental, fiind duşi poate de vreo furtună, aruncaţi pe ţărm de un tsunami provocat de un cutremur sau de o erupţie vulcanică şi plutind pe vegetaţie sau alte resturi. În definitiv, această parte a lumii nu este câtuşi de puţin ferită de fenomene extreme şi asemenea accidente explică existenţa plantelor şi animalelor chiar şi pe cele mai îndepărtate insule.

Fie aşa, fie au ajuns în Flores cu o ambarcaţiune, chiar dacă acea ambarcaţiune era destinată pescuitului în apropierea ţărmului unei alte insule şi a fost împinsă de vânt în larg.

Indiferent de modul cum au ajuns acolo, cu timpul şi ei s-au micşorat ca dimensiune[29] şi au devenit ceea ce cunoaştem sub numele de Homo floresiensis. Când au dispărut, în urmă cu vreo 50 000 de ani, cam în acelaşi timp cu verii lor din Filipine,[30] nu aveau mai mult de un metru înălţime, dar la fel ca strămoşii lor, confecţionau unelte, chiar dacă la o scară mai mică, pentru a se potrivi unor mâini mai mici.

*

Această miniaturizare nu este ceva neobişnuit; speciilor care sunt izolate pe insule li se întâmplă tot felul de lucruri ciudate. Animalele mai mici devin mai mari, iar animalele mari se micşorează.

Şopârlele monitor din Flores, veri ai dragonului de Komodo, au ajuns la o

dimensiune care ar fi fost înspăimântătoare şi pentru un om modern, darămite pentru o persoană înaltă de un metru, oricât ar fi fost de curajoasă. Unii şobolani au ajuns de mărimea unor terieri.[31]

Ca o consecinţă a creşterii şi scăderii frecvente a oceanelor din epoca glaciară, multe insule se puteau lăuda cu propria specie unică de elefant pitic, iar Flores nu a făcut excepţie. Probabil Homo erectus a venit în Flores în căutarea elefanţilor mari şi, de-a lungul mileniilor, atât vânatul, cât şi vânătorul au devenit mai mici pe măsură ce s-au adaptat la viaţa de pe insulă.[32]

Chiar şi pentru dimensiunea sa mică, Homo floresiensis avea un creier foarte mic. Dar, după cum descoperiseră hominienii din savană când deveniseră carnivori, cu mult timp în urmă, în Africa, ţesutul cerebral este extrem de costisitor de întreţinut. La o specie ameninţată de foamete într-atât încât nanismul ar putea fi favorizat prin selecţie naturală, presiunea asupra creierului de a face mai mult cu mai puţin este şi ea crescută. Un volum cerebral mai mic nu implică neapărat un compromis al inteligenţei: dintre păsări, ciorile şi papagalii sunt faimoşi pentru inteligenţa lor, deşi au creierul cât o nucă. Homo floresiensis a creat unelte la fel de sofisticate precum cele confecţionate de Homo erectus.

*

Pe Flores, Luzon şi aproape sigur şi în alte locuri, odată izolat, Homo erectus a devenit mai mic, transformându-se în ceea ce am putea considera drept pitici sau hobbiţi.

În altă parte, au deveni giganţi.

În Europa Occidentală, specia s-a transformat în Homo antecessor, o creatură sălbatică ce bântuia la mare distanţă de savana caldă a strămoşilor săi. Acum aproximativ 800 000 de ani, el a lăsat topoare de piatră şi chiar urme de paşi în estul Angliei — mult mai la nord decât se aventurase vreodată un hominian.[33] Robust, dar ciudat de familiar, Homo antecessor semăna mult mai mult cu un om modern decât semănau Homo erectus sau chiar neanderthalienii, punctul culminant al vieţii troglodite în era glaciară. Fizionomia noastră are rădăcini

adânci, la fel ca genele noastre: la Homo antecessor se pot regăsi primele semne de înrudire genetică cu oamenii moderni.[34]

Ceva mai târziu şi în altă parte a Europei, a apărut Homo heidelbergensis. Oasele şi uneltele care au ajuns până la noi din teritoriul lor european arată că erau cu adevărat formidabili. Sulițele lor de vânătoare, conservate în Germania, împreună cu unelte de piatră şi rămăşiţele măcelărite de cai, datând de acum aproape 400 000 de ani, aduc mai degrabă cu nişte stâlpi de gard.[35] Aceste sulițe — una dintre ele având 2,3 metri lungime şi un diametru de aproape 5 centimetri în punctul său cel mai gros — erau concepute nu pentru împuns, ci pentru a fi aruncate. Ridicarea şi folosirea acestor arme în luptă trebuie să fi presupus multă forţă. O tibie din sudul Angliei[36] este similară ca dimensiuni cu cea a unui mascul adult modern, dar e mult mai densă şi mai groasă, indicând un individ excepțional de robust, care cântărea peste 80 de kilograme. La celălalt capăt al Eurasiei, fiinţe umane comparabile ca mărime doar cu cei mai înalţi oameni moderni hălăduiau prin zăpezile din Manciuria. Aceştia erau giganţii pe Pământ la vremea aceea.

Descendenţii lui Homo erectus din Europa şi Asia au evoluat, în mod clar, ca răspuns la condiţiile tot mai aspre ale erei glaciare. Alergătorul suplu pe distanţe lungi al savanei africane se transforma în ceva nou şi diferit — o creatură suficient de rezistentă la rigorile nordului.

*

În urmă cu aproximativ 430 000 de ani, un trib s-a stabilit în peşterile din Sierra de Atapuerca,[37] în nordul Spaniei. În multe privinţe, păreau umani. Creierele lor aveau cam aceeaşi mărime cu cele ale oamenilor moderni. Dar feţele lor aveau trăsături bine conturate, aspre. Perspectiva lor asupra unei lumi sumbre a fost compensată de o viaţă interioară tot mai profundă. Fiindcă îşi îngropau morţii. Sau măcar nu lăsau cadavrele să zacă neobservate, ca şi cum ar fi fost nişte obiecte oarecare: trupurile erau duse în fundul peşterii şi aruncate într-o groapă adâncă. Aceşti oameni sunt precursorii neanderthalienilor.[38]

Poate chiar mai mult decât Homo erectus, neanderthalienii exemplifică felul în

care viaţa evoluează ca răspuns la provocările mediului. Aduşi de spate, perfect adaptaţi la viaţa din pustietăţile reci, bătute de vânturi ale nordului Europei, ei au trăit acolo netulburaţi timp de 300 000 de ani. Influenţa lor asupra mediului a fost minoră, cultura lor schimbând puţin peisajul. Dar având, în medie, un creier mai mare decât al unui om modern, erau gânditori şi profunzi. Şi îşi îngropau morţii.

În adâncul peşterilor, departe de frigul, vântul şi lumina slabă a erei glaciare, au căutat numinosul. Într-o peşteră din Franţa, aflată la o adâncime atât de mare sub pământ încât lumina soarelui nu ar fi putut pătrunde niciodată, au construit structuri circulare din stalactite sfărâmate şi oase de urşi.[39] Din ce motiv, nimeni nu ştie. Aceste structuri misterioase au o vechime de 176 000 de ani. Ele sunt cele mai vechi construcţii făcute de un hominian a căror dată se cunoaşte cu precizie.

Neanderthalienii contrastau puternic cu Homo erectus, strămoşii lor supli care hălăduiau în voie. Deşi ei şi lucrările lor au fost descoperite din vestul extrem al Europei, trecând prin Orientul Mijlociu, şi până în sudul Siberiei, grupurile individuale de neanderthalieni nu se aventurau prea departe în peisaj. Confruntaţi, la exterior, cu extreme climatice pe care niciun alt hominian nu le mai cunoscuse, făceau scurte ieşiri în afara peşterilor pentru a căuta hrană, dar — la fel ca morlocii lui H.G. Wells — cultivau o viaţă mai luminoasă a minţii sub pământ.

Unele dintre rudele lor însă au pus ochii pe ţinte şi mai înalte.

În urmă cu vreo 300 000 de ani, o ramură a neanderthalienilor din Asia Centrală şi-a ridicat privirea şi a văzut platoul tibetan. Cu excepţia regiunilor polare, pentru oameni, aceasta este probabil cea mai neospitalieră parte a lumii. Aerul este rece, rarefiat şi necruţător. Zăpezile nu se topesc niciodată. Când străluceşte, soarele nu e decât un ochi arzător pe bolta albastră îngheţată. Şi cu toate acestea, un grup de hominieni au simţit că ar putea să trăiască sus, pe Acoperişul Lumii. Şi aşa au făcut. Au urcat. Şi pe măsură ce urcau, au evoluat. S-au transformat în denisovani,[40] amintind de yeti care, potrivit legendei, au locuit platoul mii de ani mai târziu.[41]

*

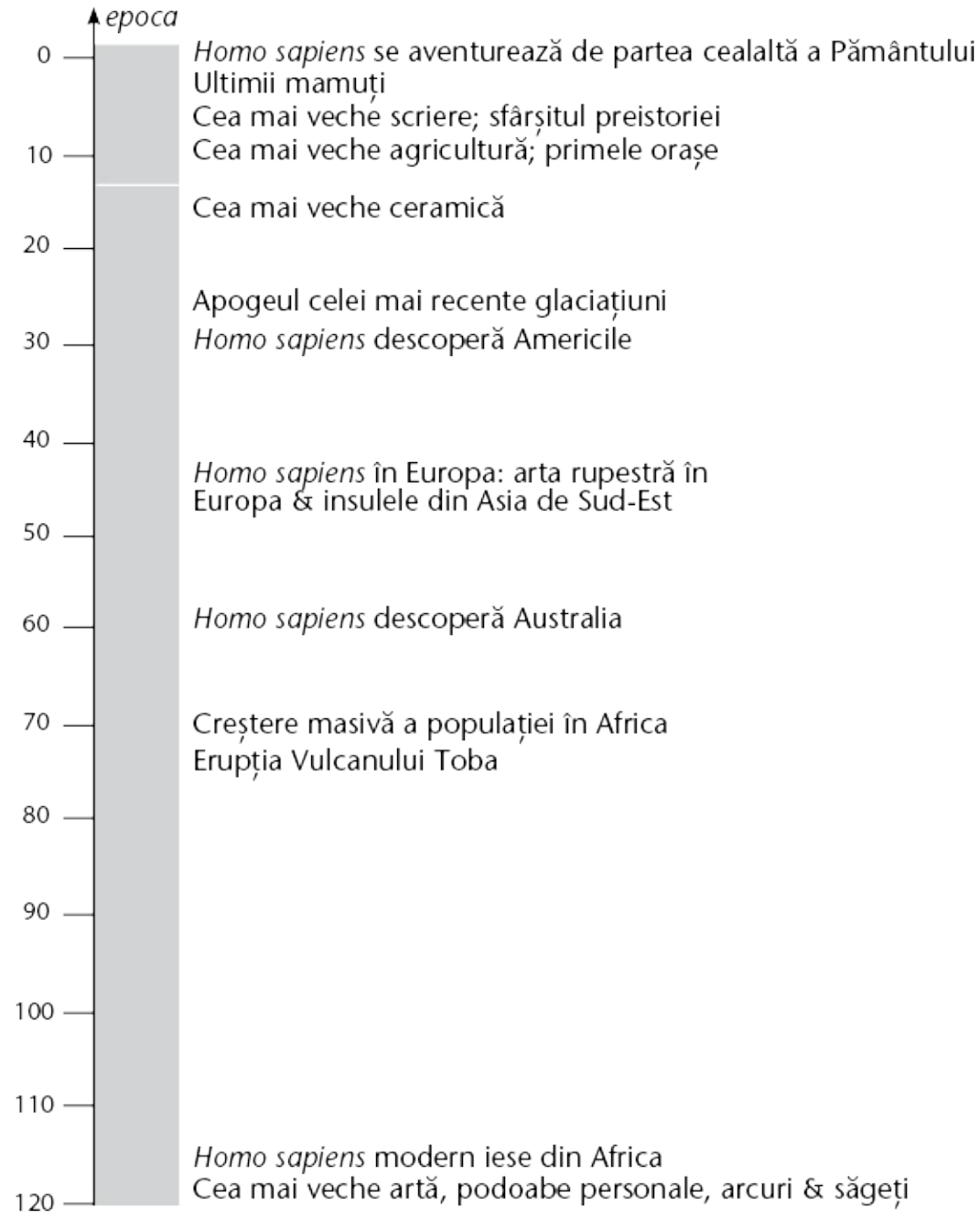
Homo erectus şi descendenţii săi au cucerit Lumea Veche. S-ar putea chiar ca ei să se fi aventurat şi în cea Nouă.[42] În urmă cu aproximativ 50 000 de ani, pe Pământ trăiau multe specii de oameni. Existau neanderthalieni în Europa şi Asia. Pe atunci, unii dintre descendenţii denisovanilor îşi părăsiseră fortăreţele din munţi şi coborâseră până pe platourile Asiei de Est.[43] Oriunde s-au dus, s-au schimbat pentru a face faţă provocărilor noilor medii, de la peşteri adânci la jungle aproape de nepătruns, insule izolate, câmpii deschise şi munţii cei mai înalţi. Homo erectus însuşi continua să trăiască liniştit în Java.

Şi totuşi, toate aceste forme experimentale de viaţă umană aveau să dispară. La sfârşitul erei glaciare, n-a mai rămas decât o singură specie de hominieni. Ca şi Homo erectus, ea venea tot din Africa.

---

* Jorge Luis Borges, Cartea de nisip, traducere de Cristina Hăulică, Editura Univers, Bucureşti, 1983, pag. 299. (N.t.)

Cronologie 6. *Homo sapiens*



Epoci în mii de ani înainte de prezent

Sfârșitul preistoriei

În urmă cu vreo 700 000 de ani, episoadele glaciare erau mult mai lungi decât intervalele calde care le separau. Pământul se afla într-o glaciațiune mai mult sau mai puțin permanentă. Întreruperile erau fierbinți, violente și scurte.

Viața nu numai că a supraviețuit — a prosperat. Acele părți ale Eurasiei care nu se luptau cu gheața erau acoperite de o stepă verde ce susținea un număr uriaș de animale. Primăvara și vara bizonii migrau de-a lungul teritoriului în turme atât de mari, că ar fi durat zile întregi să privești trecând milioanele de animale. Acestor turme li se alăturau cai și cerbi gigantici, cu coarne incredibile; printre ei se vedeau din când în când specii de elefanți, precum mamuții și mastodonții; turmele erau însoțite de pufăitul și tropăitul rinocerilor lânoși. Iernile erau aproape la fel de abundente. Deși multe dintre animale migrau spre sud, odată cu zăpezile, se iveau și renii. Toată această carne în mișcare era un magnet pentru carnivore, precum leii, urșii, felinele cu dinți-sabie, hienele, lupii — și urmașii duri și vânjoși ai lui Homo erectus.

*

Hominienii au răspuns erei glaciare printr-un creier mai mare și rezerve de grăsime mai abundente.

Acesta a fost, în sine, un lucru remarcabil. După cum am observat, creierul e un organ a cărui funcționare este foarte costisitoare. Economia naturii cere, de regulă, ca un animal inteligent să-și facă doar rezerve minime de grăsime, întrucât dacă hrana se reduce, el va ști cum să găsească mai multă înainte să moară de foame. Numai mamiferele mai puțin rezistente au nevoie să-și facă rezerve mai mari de grăsime. Oamenii sunt însă excepția.[1] Chiar și cei mai slabi dintre ei depozitează mai multă grăsime decât până și cele mai durdulii maimuțe mari. Animalele inteligente care beneficiază de un strat izolator bun au tot ce le

trebuie pentru a face față frigului nesfârșit al erei glaciare.

Grăsimea mai avea un scop. Diferența dintre sexe este în mare măsură o chestiune de depozitare de grăsime. Grăsimea reprezintă, în medie, cam 16 % din greutatea corpului unui mascul uman adult și 23 % din cea a unei femele. Această diferență este semnificativă. Energia încorporată este o condiție prealabilă pentru fertilitate și graviditate, mai ales în vremuri de foamete. Ca atare, mecanica selecției a favorizat acele femele cu forme durdulii, rotunjite, ca având cele mai bune perspective de reproducere.[2]

Creierele mari totuși pot ridica și probleme. Creiere mari înseamnă capete mari. Din cauza capetelor mari ale bebelușilor, nașterea este dificilă. Bebelușii se nasc datorită unei răsuciri la 90 de grade a capului în timp ce trec prin pelvisul mamei și ies in vagin. Până foarte recent, costul era suportat de mamă, care risca să moară în timpul procesului. Bebelușii vin pe lume relativ neajutorați. Dacă ar aștepta până când ar fi mai dezvoltați și poate mai capabili să facă față lumii, s-ar putea să fie prea mari pentru a trece prin canalul de naștere și să nu se mai nască deloc. Cele nouă luni de graviditate reprezintă un armistițiu fragil între copil, care trebuie să fie capabil să se descurce singur în lumea exterioară cât mai curând, și mamă, care, dacă ar aștepta mai mult, ar trebui să joace zaruri tot mai măsluite cu moartea.

Este un compromis care nu face bine nimănui. O specie în care copiii se nasc complet neajutorați și, chiar dacă se nasc cu succes — din mame care se confruntă cu riscul morții —, au nevoie de mulți ani pentru a ajunge la maturitate, este una care s-ar putea să dispară foarte rapid. Soluția a fost o schimbare dramatică, dar la celălalt capăt al vieții. Acea schimbare a fost menopauza.

*

Menopauza este o altă inovație proprie numai oamenilor. În general, orice creatură, mamifer sau altceva, care e prea bătrână pentru a se reproduce, va îmbătrâni și va muri foarte repede. La oameni însă femelele a căror capacitate de reproducere a încetat la jumătatea vieții se pot aștepta să se bucure de multe

decenii de viață utilă — și, în cele din urmă, să crească mai mulți copii.

Mărirea creierului și ulterioara neajutorare a bebelușilor a fost însoțită de apariția bunicilor[3]: femei în perioada postmenopauză care erau acolo pentru a-și ajuta fiicele să-și crească nepoții. Logica selecției naturale nu spune nimic despre cine crește de fapt copiii la maturitate — atâta timp cât sunt crescuți de cineva. Și așa se întâmplă ca o femeie care încetează reproducerea pentru a-și ajuta fiicele să crească nepoți, va crește, în medie, un număr mai mare de descendenți decât dacă ar fi rămas ea însăși reproductivă și ar fi intrat în competiție pentru resurse cu fiicele sale. Cu timpul, aceste grupuri de oameni care s-au putut baza pe femei aflate în perioada postmenopauză să ajute la creșterea copiilor, vor crește mai mulți dintre acei copii până la vârsta la care să se reproducă ei înșiși. Grupurile care nu au știut să profite de o asemenea resursă valoroasă au pierit. Compromisul dificil a fost depășit prin cooperare.

Reproducerea ia energie din toate celelalte procese. În general, există un troc între reproducere și longevitate. Așa că, începând reproducerea la jumătatea vieții, femeile și-au crescut de fapt randamentul reproductiv — și au trăit mai mult. Mărirea creierului a dus la creșterea speranței de viață la naștere, de la probabil 25 de ani la Homo erectus, la 40, la neanderthalieni și oamenii moderni.

Deși constrângerile evoluției au acționat în mod diferit asupra masculilor și femelelor, ei au împărtășit aceleași gene, iar asta a dus de fapt la un război între sexe întrucât presiunea s-a exercitat asupra genelor de către forțe selective ce acționau în opoziție — o genă, doi stăpâni. Rezultatul a fost un alt compromis. Dat fiind că femelele trebuiau să fie mai grase pentru a aduce pe lume copii, masculii au devenit și ei mai grași, însă nu la fel de mult. Cum femelele au dezvoltat menopauza și au trăit mai mult, bărbații au ajuns și ei să trăiască mai mult, însă nu la fel de mult.[4] Rezultatul a fost introducerea unui nou strat în societatea hominiană — Bătrânii de ambele sexe. Înainte de inventarea scrisului, Bătrânii au ajuns să fie prețuiți ca depozitari ai cunoașterii, înțelepciunii, istoriei și poveștilor.

Pentru prima oară în evoluție au existat specii în cadrul cărora cunoașterea putea fi transmisă mai multor generații în același timp. Multe animale sunt capabile de învățare. Balenele își învață cântecele de la alte balene; păsările își învață cântecele de la alte păsări; cățelușii, regulile jocului de la alți cățeluși; bebelușii învață limbajul prin imitarea inconștientă a oamenilor din jurul lor. Ființele umane sunt unice, din câte se știe, prin aceea că sunt singurele animale care nu

numai că învaţă de la alţii, ci şi dau mai departe lecţiile învăţate.[5] Bătrânii au făcut posibil acest lucru. În timp ce membrii mai tineri ai unui trib aveau grijă de bebeluşi sau erau la vânătoare, Bătrânii, care nu mai erau la fel de productivi, îşi transmiteau cunoştinţele acumulate noilor generaţii — de copii care, cu copilăria lor lungă (un rezultat al relativei lor imaturităţi la naştere), aveau timp berechet să şi le însuşească. Informaţiile abstracte au devenit o monedă forte pentru supravieţuire, la fel de importantă precum caloriile. Consecinţele aveau să fie explozive. Şi totul a început în timpul erei glaciare când, pentru prima dată, pentru o primată a fost un avantaj atât să stocheze grăsime, cât şi să aibă un creier mai mare.

*

Frigul tot mai pătrunzător al Eurasiei era egalat de ariditatea Africii. Savana ofilită s-a transformat într-un deşert uscat, punctat de ochiuri de apă la fel de evanescente ca mirajele. Supravieţuirea era o luptă permanentă. Depozitul suplimentar de grăsime a fost şi aici un avantaj, la fel cum era în zonele mai apropiate de straturile de gheaţă. Oamenii s-au adaptat dezvoltând un metabolism bazat pe creştere şi scădere — ei puteau să funcţioneze multe zile fără hrană, dar când vânau ceva, se ghiftuiau până li se făcea rău, până când efectiv nu mai puteau să deschidă gura sau chiar să se mişte — făcând tot posibilul pentru a absorbi cât mai multe substanţe nutritive de care aveau nevoie ca să supravieţuiască până la următoarea masă, oricând va fi fost ea. Oamenii mâncau cu poftă, ca şi cum orice masă ar fi putut fi ultima.[6]

În ciuda ameninţării constante cu extincţia — şi poate chiar din cauza ei — moştenitorii lui Homo erectus s-au diversificat în Africa, aşa cum făcuseră şi în alte părţi.[7] Apoi, cu ceva mai mult de 300 000 de ani în urmă — tocmai când primii neanderthalieni se adaptau la frigul aspru al Europei — în Africa a apărut un hominian nou. Aceştia erau puţini, variaţi şi dispersaţi, dar s-au răspândit pe tot continentul.[8] O întâlnire cu aceşti indivizi ar fi echivalat cu a ne privi în faţă. Ei au fost primii din specia noastră, Homo sapiens.

Totuşi, dincolo de înfăţişarea lor, aceste noi creaturi nu erau chiar atât de umane pe cât păreau la prima vedere. La început, Homo sapiens era un soi de ingredient

brut și a fost nevoie de peste un sfert de milion de ani de eșecuri pentru ca oamenii moderni să-și crească rezistența. În proporție de 98 %, povestea existenței lui Homo sapiens în acea perioadă a fost o tragedie sfâșietoare — asta dacă participanții ar fi supraviețuit ca s-o spună. Însă aproape toți au pierit, iar specia a dispărut aproape complet.

Totuși, în periplul său, fondul lui genetic a primit o infuzie de ADN de la alți hominieni, atât în Africa, precum și în afara ei. Homo sapiens este o specie cu mulți părinți, fiecare adăugând propria-i aromă specială la un amestec care, în cele din urmă, a fost unul reușit — contrar tuturor așteptărilor.

*

Chiar de la început, Homo sapiens s-a răspândit în afara ținuturilor sale de baștină din inima Africii, făcând incursiuni în sudul Europei, cu vreo 200 000 de ani în urmă, și în Levant, cu aproximativ 100 000–180 000 de ani în urmă.[9] Însă aceste deplasări au lăsat puține urme, asemenea unui strop de apă pe nisipul deșertului. Homo sapiens era încă o specie tropicală, un vizitator vremelnic. Dacă în Africa vorbim de condiții aspre, cele din Eurasia erau și mai aspre. Și dacă Homo sapiens ar fi dăinuit, ar fi descoperit că drumul era închis: blocat de neanderthalienii care, în perioada lor de prosperitate, erau mult mai cultivați și, obișnuiți cu frigul îndelungat al Europei, își puteau permite să joace un meci lung. Aceștia i-ar fi considerat pe oameni, dacă i-ar fi observat, niște vizitatori ocazionali, ca un ușor îngheț înaintea zorilor într-o zi de vară.

*

Lucrurile nu stăteau mai bine pentru noua specie nici în teritoriul ei african. Ba chiar, pe măsură ce erele glaciare se scurgeau încet, condițiile s-au înrăutățit tot mai mult. Cetele de Homo sapiens, niciodată foarte comune din start, au început să se rărească treptat, mai întâi într-un loc, apoi în altul, fie murind, fie încrucișându-se cu alte varietăți de hominieni, înainte ca acești hibrizi să piară și

ei. A venit momentul când Homo sapiens aproape dispăruse la nord de Zambezi. În cele din urmă, Homo sapiens s-a închis într-o oază din marginea de nord-vest a actualului deşert Kalahari, imediat la est de Delta fluviului Okavango.

La începutul erei glaciare, regiunea fusese luxuriantă. Zona era udată de Lacul Makgadikgadi care, la apogeul său, era de mărimea Elveţiei. Pe măsură ce Africa a continuat să devină tot mai uscată, lacul s-a fragmentat într-o zonă de lacuri mai mici, cursuri de apă, mlaştini şi păduri în care cutreierau girafe şi zebre.

Ultimele grupuri epuizate de Homo sapiens şi-au găsit refugiul printre iazurile şi stufărişurile din zona umedă Makgadikgadi acum vreo 200 000 de ani, la fel cum, peste milenii, ultima redută a regelui Alfred a fost în mlaştinile Athelney — unde şi-a regrupat armata, a căutat alinare, s-a fript de câteva ori şi a ieşit din nou la lumină pentru a-i înfrânge pe danezi şi a recuceri regatul de Wessex. Dacă Anglia a început la Athelney, rădăcinile omenirii însăşi ar putea foarte bine să se găsească în mlaştinile Makgadikgadi. Dacă a existat vreodată o Grădină a Edenului pe undeva, acolo a fost.[10]

Precum răţuşca cea urâtă, Homo sapiens s-a ascuns în mlaştinile Makgadikgadi vreme de 700 000 de ani. Dar când a apărut în cele din urmă, devenise lebădă.

*

Timp de zeci de mii de ani, zona umedă Makgadikgadi a fost o oază înconjurată de un teren din ce în ce mai neospitalier — deşert uscat şi întinderi de sare. Odată stabilit acolo, lui Homo sapiens nu i-a mai fost deloc uşor să plece. Apoi, cu aproximativ 130 000 de ani în urmă, Soarele a început să lumineze Pământul mai puternic decât înainte. Mecanismul cosmic al excentricităţii, înclinaţiei axiale şi precesiei reuşise să producă un interval de climă ceva mai caldă decât cunoscuse planeta timp de multe milenii.

În Europa, gheţarii impozanţi au fost înlocuiţi — deşi pentru o scurtă perioadă — de condiţii cvasi-tropicale. Aceasta a fost epoca în care, în Britania, leii se hârjoneau în Trafalgar Square, elefanţii păşteau la Cambridge şi hipopotamii se tăvăleau în noroi acolo unde astăzi se află oraşul Sunderland. La

fel ca în Britania, asta s-a întâmplat şi în Africa — şi anume clima s-a îmblânzit. Ultimele generaţii de Homo sapiens au descoperit că deşertul care înconjura Makgadikgadi devenise o mare de iarbă.

S-au strămutat, urmărind vânatul — şi exact la timp, fiindcă, la scurtă vreme după aceea, Makgadikgadi a secat complet. Astăzi este un deşert sărat care nu susţine nicio vietate mai complexă decât crustele de cianobacterii, o întoarcere la începuturile vieţii pe Pământ.

*

Cetele de Homo sapiens au urmărit vânatul spre sud până când au ajuns pe coastă, în cel mai sudic punct al Africii. Acolo au dezvoltat un mod de viaţă complet nou, bazat pe abundenţa de proteine din mare. Pentru nişte oameni obişnuiţi să se bazeze pe rădăcini tari, fructe neaşteptate şi vânat temător, oceanul a însemnat un festin inimaginabil: crustacee, pline de proteine şi nutrienţi esenţiali, şi absolut incapabile să fugă, alge gustoase şi sărate, şi peşte mult mai uşor de prins decât gazelele sau antilopele impala.

Răsuflând parcă uşuraţi după îndelungata lor istorie plină de greutăţi, aceşti primi culegători ai plajelor au devenit mult mai sedentari şi au început să facă lucruri pe care oamenii nu le mai făcuseră vreodată. Sărbătorind, ei s-au împodobit reciproc cu coliere din mărgele de scoici. S-au pictat cu cărbune şi ocru roşu.[11] Şi-au gravat semnele sub forma unor modele haşurate pe coji de ouă de struţ şi le-au pictat cu ocru pe stânci.[12] În mod cert neanderthalienii, ba chiar şi Homo erectus, au folosit uneori scoici şi le-au scrijelit, dar aceşti oamenii se implicau în astfel de activităţi cu o intensitate şi dăruire diferite.

Iniţial, asemenea tehnologii par să fi apărut şi dispărut precum mirajele, ca şi cum oamenii îşi pierdeau din când în când talentul sau înclinaţia. Însă folosirea tehnologiei s-a aprofundat şi a devenit mai comună pe măsură ce populaţia a crescut şi tradiţiile ei s-au cimentat. Aceşti locuitori ai plajelor au început totodată să folosească piatra într-un mod nou. În loc să cioplească pietre pentru a face artefacte care se potriveau în pumn, ei au creat piese mult mai mici, lucrate cu grijă şi călite în foc, ce puteau fi ataşate unor săgeţi, de exemplu. Au inventat

arme ce lansau proiectile. Arme care puteau ucide vânatul de la distanţă, cu un risc relativ mic pentru atacator.[13]

Alţi exilaţi din Eden au pornit în direcţia opusă, către nord. Rubiconul lor a fost Zambezi. Odată ajunşi în Africa de Est, li s-au alăturat migratori din sudul extrem al Africii care le-au prezentat tehnologiile lor avansate — cosmeticele, şiragurile de scoici şi, cel mai important, arcurile şi săgeţile. Rezultatul a fost exploziv. Populaţia de Homo sapiens din Africa de Est a crescut de la câteva mici cete la ceva asemănător unei populaţii care avea o şansă la mai mult decât o existenţă efemeră.[14] Cu vreo 110 000 de ani în urmă, ei se răspândiseră încă o dată în toată Africa şi ieşeau iarăşi din ţinuturile de baştină.

Şi, de data asta, aveau să rămână acolo.

*

A venit ca o minge de foc în toiul nopţii. Cu aproximativ 74 000 de ani de ani în urmă, erupţia unui vulcan numit Toba din insula Sumatra a provocat un eveniment catastrofal, comparabil cu ceea ce se petrecuse pe Pământ timp de milioane de ani.[15] Ea a pus subit capăt perioadei relativ calde, care deja pierdea din intensitate. Rămăşiţele au căzut peste întreaga regiune a Oceanului Indian, ajungând până pe coastele Africii de Sud.[16] Sute de kilometri cubi de cenuşă s-au ridicat în atmosferă, cufundând brusc lumea într-o epocă glaciară.

Într-o epocă anterioară, dezastrul ar fi putut şterge complet de pe faţa Pământului omenirea care tocmai apărea. De această dată, Homo sapiens pare să nu fi fost prea afectat. Până atunci specia noastră se răspândise din Africa în jurul bazinului Oceanului Indian. Oamenii care creau unelte de cremene erau prezenţi în India,[17] ajunseseră până în Sumatra însăşi[18] — epicentrul exploziei — şi atinseseră sudul Chinei.

*

Când exilații din Makgadikgadi și-au părăsit oaza, primul lucru pe care l-au făcut a fost să se îndrepte spre plaje. Mai târziu, când oamenii au plecat din Africa, au făcut-o, inițial, urmând linia țărmului, traversând sudul Arabiei și al Indiei și pătrunzând în Asia de Sud-Est. În plus, au călătorit și în interiorul continentului, urmând cursul râurilor, și în savană, atunci când climatul a permis.

Nu trebuie să vedem evenimentul ca pe un exod biblic, ci mai degrabă ca pe o serie de evenimente care, mici în sine, s-au combinat pentru a crea doar ceea ce pare a fi un model predeterminat. Ce n-au făcut oamenii a fost să privească la orizont și, într-un acces de prolepsă istorică, să ia de bun un destin manifest. În general, ființele umane au trăit cam toată viața în același loc. Presiunea populației a sugerat că unii oameni s-ar putea muta, să zicem, dincolo de următorul promontoriu. Capriciile vremii ar fi impus numeroase schimbări de direcție. Indivizi din triburi diferite, dar învecinate, legați prin tot felul de relații, se întâlneau la sărbători pentru a cânta, a dansa, a sta la poveşti și a-și alege partenerii. Ca la toate primatele, o femelă, odată ce-și găsea perechea, se muta din țara strămoșilor săi și se instala împreună cu familia partenerului într-un loc îndepărtat — peste râu, poate, sau dincolo de dealul din față.[19]

Migrația nu a fost, așadar, un eveniment unic, ci o serie de evenimente mici. S-a dovedit, totuși, a avea o formă generală. Ea a emis unde, alături de schimbările climatice regulate forțate de ciclurile orbitale ale Pământului; în particular, ciclul de 21 000 de ani al precesiei.[20] Migratorii și-au urmat stelele călăuzitoare — dar acestea vor fi fost stele diferite, în momente diferite.

Specia umană pare să fi avut un dor de ducă mai pronunțat în urmă cu 94 000–106 000 de ani, când s-a răspândit în tot sudul, pe atunci ospitalier, al Arabiei și în India; în urmă cu 73 000–89 000 de ani, când a ajuns în insulele din Asia de Sud-Est; în urmă cu 47 000–59 000 de ani — o perioadă de migrație deosebit de activă, când oamenii au traversat Arabia și au pătruns în Asia, ajungând până în Australia;[21] și, în final, între acum 29 000 de ani și 45 000 de ani, când au avut loc ocuparea întregii Eurasii, inclusiv la latitudini înalte, și primii pași în Americi — și totodată o oarecare migrație de întoarcere în Africa.

Asta nu înseamnă că, în afara acestor intervale, oamenii nu s-au deplasat — acestea au fost vremurile în care migrația a fost favorizată de clima permisivă. Au existat momente când populațiile umane care se răspândeau au fost divizate. De exemplu, în perioada rece și uscată ce a urmat erupției vulcanului Toba, oamenii din Africa au fost izolați de populația din sudul Asiei și nu aveau să se

mai întâlnească decât peste 10 000 de ani.

În drumul lor, migratorii au întâlnit alţi hominieni. Întâlnirile au fost rare şi rezultatul lor, variabil. Uneori, sesizând diferenţele, triburile se luptau. Alteori, se salutau ca nişte veri de departe, dându-şi seama că, la urma urmei, nu erau atât de diferiţi cum păreau la prima vedere. S-au apropiat spunând poveşti şi schimbând parteneri. Oamenii moderni au întâlnit neanderthalieni în Levant şi s-au încrucişat cu ei. Ca urmare, toţi oamenii moderni cu strămoşi care nu sunt exclusiv africani au şi ADN neanderthalian.[22] În Asia de Sud-Est, migratorii au adăugat la fondul genetic uman gene ce proveneau de la denisovani — descendenţii locuitorilor din munţi, de multă vreme aclimatizaţi la şesuri. Gene denisovane se întâlnesc astăzi la locuitori ai insulelor din Asia de Sud-Est şi din cealaltă parte a Pacificului, foarte departe de munţii înalţi unde îşi aveau originea. Dar printr-o curioasă întorsătură a destinului, genele ce permit tibetanilor să trăiască fără probleme în aerul rarefiat de pe Acoperişul Lumii au fost un cadou de despărţire din partea acelor oameni ai Zăpezilor Eterne,[23] care au dispărut ca specie distinctă acum 30 000 de ani — absorbiţi complet de valul mai mare de Homo sapiens.

*

Cu aproximativ 45 000 de ani în urmă, oamenii moderni au pătruns în cele din urmă în Europa pe câteva fronturi, din Bulgaria, în est, până în Spania şi Italia, în vest.[24] Neanderthalienii, dominanţi în Europa de un sfert de milion de ani, respinseseră toate incursiunile anterioare ale Homo sapiens. De această dată însă ei au intrat într-un declin puternic şi, acum aproximativ 40 000 de ani, acest prototip suprem al erei glaciare aproape că dispăruse.[25]

Motivele dispariţiei lor au făcut obiectul multor dezbateri. Poate că s-au luptat cu oamenii moderni; în mod cert s-au încrucişat cu ei.[26] E posibil să fi pierit fără prea multă luptă cu o specie care s-a reprodus ceva mai repede şi, probabil, s-a răspândit mai departe de teritoriul său de baştină.[27] În final, erau atât de mulţi oameni moderni în Europa încât neanderthalienii rămaşi, ascunşi în ultimele lor redute îndepărtate — din sudul Spaniei[28] până în Rusia Arctică[29] — au fost prea puţini şi foarte risipiţi pentru a mai putea găsi parteneri din specia lor.[30]

Populațiile de neanderthalieni fuseseră mereu mici. Pe măsură ce s-au împuținat și mai mult, efectele consangvinizării și accidentele au făcut ravagii. În orice societate umană vine un moment când ea este prea mică pentru a fi viabilă. Nu există nimic care să conducă o populație la extincție la fel de sigur ca lipsa de oameni.[31] Până la urmă, a fost mai simplu să te încrucișezi cu invadatorii. ADN-ul dintr-un maxilar uman vechi de 40 000 de ani descoperit într-o peșteră din România arată că proprietarul său avusese un străbunic neanderthalian.[32]

*

Din Europa Răsăriteană, oamenii moderni au urmat cursul Dunării unde, la izvoarele ei, există dovezi ale unei culturi înfloritoare.[33] Ei au creat sculpturi înfățișând animale, oameni, oameni cu capete de animal și chiar basoreliefuri cu rațe pe care le puteau expune pe pereții peșterilor suburbane.[34] Au făcut, iar și iar, statuete de femei obeze, gravide și cu sâni uriași — mărturii tulburătoare ale importanței abundenței și fertilității într-o societate amenințată în permanență de foamete. Ele au fost invocații adresate unei puteri mai înalte.

Reprezentări ale unor animale au apărut, mai mult sau mai puțin simultan, pe pereții peșterilor situate la ambele capete ale Eurasiei. Picturile rupestre, pe drept cuvânt celebre, din Franța și Spania au fost însoțite de exemple similare din Sulawesi și Borneo, în Indonezia.[35] Acestea aveau și ele un conținut ritualic. Arta rupestră tinde să apară în spații cu acustică puternică. E posibil ca imaginile să fi fost doar o componentă a ritualurilor care, în plus, includeau muzica și dansul.[36]

Când ajungeau la maturitate, ființele umane erau chemate de un șaman în aceste spații ritualice pentru a fi inițiate în trib. Ca parte a ceremoniei, individul era pictat cu ocru sau cu funingine și i se spunea să-și lase amprenta mânii pe peretele peșterii: ca și cum semnau în cartea vieții. Pentru a spune „Sunt Aici“.

După patru miliarde și jumătate de ani de tumult absurd, Pământul zămislise o specie care devenise conștientă de sine. Și, s-a întrebat, oare ce să facă mai departe?

Trecutul viitorului

Toate speciile fericite, înfloritoare sunt la fel. Fiecare specie care se confruntă cu extincția o face în felul ei.[1]

*

Ca o consecință a schimbării climatice, pădurile sunt reduse la mici crânguri, fiecare izolat de celelalte în mijlocul unui ocean de iarbă unde cândva erau copaci.

Pe măsură ce calotele glaciare se topesc, scufundarea pământului lasă insule izolate acolo unde cândva erau vârfurile munților.

Ce se întâmplă cu formele de viață care se agață de rămășițele a ceea ce, pentru ele, fuseseră lumi mult mai mari?

*

Unele grupuri profită de această izolare pentru a evolua în forme noi și ciudate. Ne putem gândi, de exemplu, la Homo floresiensis și la elefanții pitici pe care îi vâna. Însă multe alte populații izolate se vor trezi că sunt mult prea mici pentru a fi viabile. S-ar putea să nu existe suficientă hrană sau apă pentru a supraviețui. Indivizii nu vor reuși să-și găsească parteneri sau, dacă o fac, aceștia s-ar putea să fie rude apropiate, iar populația va sucomba din cauza consangvinizării.[2] Alții nu vor reuși pur și simplu să se adapteze, încercând să trăiască potrivit vechilor obiceiuri în împrejurări care s-au schimbat foarte mult.[3] Unul câte unul, indivizii mor din cauza predispoziției genetice, de bătrânețe sau accidental, lăsând tot mai

puțini urmași, până când nu mai rămâne niciunul. Populația dispare.

În final, când toate celelalte populații ale speciei au pierit, fiecare confruntată cu propriile greutăți în micile părți de habitat cândva extins în care este blocată, ultima populație supraviețuitoare prezintă un risc crescut de a sucomba din cauza unui dezastru foarte specific, foarte local. Acesta ar putea fi aproape orice, și foarte departe de marele apocalips provocat de impactului asteroizilor sau erupția câmpurilor magmatice. Ar putea fi o alunecare de teren care distruge singura sa sursă de hrană sau ceva la fel de prozaic ca distrugerea cu buldozerul a ultimului său refugiu pentru a face loc unui proiect de construcție.

Alte specii pot părea prolifice, neavând niciun motiv să se teamă că dispariția lor este iminentă. Însă o cercetare mai atentă poate scoate la iveală că ele sunt de multă vreme pe minus în cartea vieții, sortite să dispară, de parcă ar fi secerate la apogeu. Deși pot fi prolifice în habitatul cu care s-au obișnuit, îndepărtarea — chiar și moderată — de habitat le poate garanta pieirea. Ele trăiesc, fără exagerare, doar datorită unui miracol. De exemplu, dispariția fluturilor și moliilor de pe pajiști este mai bine explicată de îndepărtarea de habitatul lor cu multe decenii în urmă decât de pierderea habitatului actual.[4] Aceste specii au contractat ceea ce se numește o „datorie de extincție“.[5]

Totuși, dintr-un motiv sau altul, alte specii își vor reduce rata de reproducere, iar rata mortalității va depăși rata înlocuirii.

Homo sapiens a jucat un rol hotărâtor pentru crearea condițiilor în care au dispărut multe specii. În mod similar, Homo sapiens ar putea fi el însuși vulnerabil la una sau mai multe dintre aceste amenințări.

*

Extincțiile pe scară largă din trecutul îndepărtat sunt atât de haotice încât cu greu putem identifica povești individuale din zgomotul și vălmășagul dezastrului.

Cauza ultimă a extincției în masă de la sfârșitul Permianului, de pildă, a fost erupția unor vulcani din Siberia, care au emanat în atmosferă gaze ce au dus la creșterea bruscă a temperaturii din pricina efectului de seră și au otrăvit aerul și

oceanele. Dar oricât de dezastruos a fost evenimentul și oricât de mult au suferit viețuitoarele ca grup, fiecare animal sau plantă, fiecare polip de coral și fiecare pelicozaur a murit în felul său. Prin urmare, asemenea extincții în masă reprezintă suma multor morți individuale premature, fiecare cu propria-i tragedie distinctă.

Sfârșitul Pleistocenului, în urmă cu aproximativ 10 000 de ani, a fost marcat de dispariția cvasitotală din Eurasia, America și Australia a animalelor ce depășeau talia unui câine mare. Cauza ultimă a extincției ar fi putut fi răspândirea omenirii rapace. Sau ar fi putut fi o schimbare dramatică a climei, de genul celei întâlnite deseori în Pleistocen. Cel mai probabil, a fost o combinație a celor două.

Cu toate acestea, extincțiile de la sfârșitul Pleistocenului sunt mai aproape în timp de noi decât catastrofa de la sfârșitul Permianului. Vestigiile acestui eveniment sunt mai proaspete și pot fi observate mai amănunțit. Destinele speciilor individuale pot fi urmărite.[6]

De exemplu, arealele a două specii emblematice ale erei glaciare — cerbul gigant (cunoscut îndeobște sub numele de „elanul irlandez“) și mamutul lânos — s-au redus dramatic în doar câteva mii de ani. Declinul accentuat a coincis cu schimbări bruște ale climatului și vegetației de care depindeau.[7] Iar vânătoarea nu a făcut decât să grăbească un sfârșit care, oricum, ar fi avut loc mai devreme sau mai târziu. Or fi dispărut ei, cerbii gigantici și mamuții, însă fosilele lor sunt numeroase și pot fi datate cu acuratețe, altfel că declinul și prăbușirea acestora pot fi cartografiate foarte detaliat. Dacă extincția s-ar fi produs la sfârșitul Permianului, poate că n-am fi putut spune decât că au dispărut și atâta tot.

Extincțiile mai recente pot fi datate foarte precis. Ultimul bou sălbatic sau bour (Bos primigenius) a fost împușcat în Polonia în 1627. Având în vedere cât de răspândite erau armele, aceasta a fost o extincție inevitabilă. Astfel că ea a reprezentat extincția la nivelul său cel mai tranșant, mai particular și mai tulburător: glonțul unic care a răpus acel bou unic a marcat sfârșitul ultimului exemplar dintr-o specie care cândva era răspândită în toată Europa. Pe de altă parte, rinocerul alb nordic (Ceratotherium simum cottoni) este, la ora la care scriu, încă în viață. Se fac eforturi imense pentru a ne asigura că exemplarele rămase nu devin istorie din cauza glonțului unui trăgător de elită. Cu toate acestea, întrucât populația constă din doar două exemplare, amândouă femele, nu este decât o chestiune de timp — și unul scurt până să se întâmple asta.

Cazurile bourului și al rinocerului sunt totuși diferite. Bourul aparținea uneia dintre puține ramuri ale arborelui genetic al mamiferelor — familia bovidelor, care include capre, oi și o mulțime de specii de antilope — care este încă prosperă. De n-ar fi fost oamenii, bourii ar fi fost încă în viață. Rinocerul, în schimb, a avut perioada sa de glorie în Oligocen, când rinocerii și alte imparicopitate au fost foarte diverse, dar de atunci încoace au intrat într-un declin pe termen lung, fiind surclasate mai ales de paricopitate, precum bovidele, din care făcea parte și bourul. Omenirea doar a grăbit un sfârșit ce fusese scris cu mult înainte ca oamenii să fi evoluat.

*

În prezent, lumea se află de 2,5 milioane de ani într-o serie de ere glaciare care vor dura zeci de milioane de ani. Deja gheața a crescut și descrescut de peste 20 de ori, ducând la perturbări climatice de o amploare nemaivăzută din Eocen. Și acesta e doar începutul. Cu fiecare avansare a gheții, cu fiecare retragere, jocul se schimbă. Unele specii vor muri. Altele vor înflori. Cele care înfloresc într-un ciclu s-ar putea să dispară în următorul.[8] Și vor mai fi aproape 100 de cicluri glaciare-interglaciare înainte ca seria de ere glaciare în curs să se încheie.

Homo sapiens a cules roadele ciclului actual. Specia a devenit conștientă de sine pe măsură ce intervalul precedent de căldură, din urmă cu vreo 125 000 de ani, s-a transformat într-o fază rece prelungită. Ea a profitat de nivelul scăzut al mării pentru a migra, sărind de pe o insulă, altfel izolată, pe alta.

La momentul când avansarea gheții ajunsese la apogeu, în urmă cu aproximativ 26 000 de ani, omenirea se instalase cu arme și bagaje în toată Lumea Veche, ba chiar traversase în cea Nouă.[9] Numai țărmurile Madagascarului, Noii Zeelande, ale insulelor îndepărtate din Oceanul Pacific și Antarcticii rămăseseră necălcate de om — dar și ele aveau să fie cu timpul.[10] Pe parcursul acestei avansări, toate celelalte specii de hominieni au dispărut. Homo sapiens este ultima. Singura care a mai rămas.

*

În aproape întreaga lor istorie, oamenii au fost vânători și culegători și, la fel ca toți căutătorii inteligenți, cunoșteau cele mai bune zone de vânat și cules. Nu mult după avansarea maximă a gheții, vizitarea repetată a acelorași locuri în căutare de plante utile a stimulat selecția naturală pentru a produce fructele și semințele cele mai atrăgătoare pentru vizitatori. Brutarii au început să macine semințele de grâu și de orz sălbatic, transformându-le în făină și au copt pâine cu cel puțin 23 000 de ani în urmă.[11] Agricultura a început în zone diferite ale lumii, mai mult sau mai puțin simultan, la sfârșitul Pleistocenului, acum 10 000 de ani.[12]

De atunci încoace, creșterea populației umane a fost dramatică. În momentul de față, doar această specie consumă un sfert din toate produsele fotosintezei plantelor de pe Pământ.[13] În mod inevitabil, o asemenea alocare înseamnă mai puține resurse pentru milioanele de alte specii, unele dintre ele dispărând ca urmare a acestui fapt.

Totuși, în cea mai mare parte, creșterea s-a petrecut foarte recent. Creșterea exponențială a populației umane este o chestiune de memorie vie. Populația s-a dublat pe durata vieții mele,[14] s-a mărit de patru ori de când s-au născut bunicii mei. În contextul timpului geologic, creșterea bruscă a numărului de oameni are o semnificație neglijabilă.

*

Cel mai mare impact al umanității asupra planetei a fost resimțit odată cu Revoluția industrială, care a început cu aproximativ 300 de ani în urmă, când Homo sapiens a valorificat puterea cărbunelui la scară industrială.

Cărbunele este format din rămășițele bogate în energie ale pădurilor din Carbonifer. Ceva mai târziu, omenirea a învățat cum să găsească și să extragă petrol, un amestec energetic dens de hidrocarburi lichide, creat prin transformarea lentă a fosilelor de plancton pe măsură ce sunt presate și încălzite lent de rocile acumulate deasupra lor. Chiar mai mult decât agricultura, arderea acestor combustibili fosili a fost un imbold pentru creșterea populației umane —

însă doar în ultimele generaţii.

Bioxidul de carbon este un produs secundar al arderii combustibililor fosili, alături de alte gaze, precum bioxidul de sulf şi oxizii de azot. Procesarea petrolului a dus la emisia unor poluanţi exotici diverşi, de la plumb până la plastic. Rezultatele au inclus o creștere bruscă a temperaturii; extincții masive ale animalelor și plantelor; acidificarea oceanelor în detrimentul recifelor de corali și așa mai departe. Efectul global a fost destul de similar cu ceea ce s-ar fi putut întâmpla dacă o coloană de magmă îşi croia drum la suprafață prin sedimentele organice.

Spre deosebire de erupțiile care au pus capăt Permianului într-un mod atât de agonizant, actuala perturbare indusă de om va fi extrem de scurtă. Deja se iau măsuri pentru reducerea emisiilor de bioxid de carbon şi găsirea altor surse de energie în afară de combustibilii fosili. Vârful nivelului de carbon provocat de om va fi înalt, dar foarte îngust — poate prea îngust pentru a fi detectabil pe termen foarte lung.

Oamenii există în număr mare de atât de puțin timp, încât peste 250 de milioane de ani, să zicem, nu se vor mai fi păstrat decât rămășitele câtorva, eventual. Doar dotaţi cu echipament ultrasensibil, viitorii prospectori ar putea — doar ar putea — fi capabili să detecteze urme slabe de izotopi neobişnuiţi pentru a spune că, nu demult prin Era Glaciară Cenozoică, s-a întâmplat ceva, dar e posibil să nu fie capabili să spună exact ce.

În următoarele câteva mii de ani, Homo sapiens va fi dispărut. Cauza va fi, în parte, plata unei datorii de extincție de mult restante. Habitatul ocupat de omenire nu este altceva decât întregul Pământ, iar ființele umane l-au făcut din ce în ce mai nelocuibil.

Însă principalul motiv va fi un eşec al înlocuirii populației. E posibil ca populația umană să atingă maximumul în acest secol, după care va intra în declin. În anul 2100, ea va fi mai mică decât este astăzi.[15] Deşi oamenii vor face multe pentru a repara daunele provocate Pământului prin activitățile lor, ei vor mai supraviețui doar câteva mii sau zeci de mii de ani.

Genetic vorbind, ființele umane sunt deja remarcabil de omogene în comparație cu rudele noastre cele mai apropiate dintre maimuțele mari. Acesta este semnul unuia sau mai multor blocaje anterioare în istoria umanității, urmate de o

expansiune rapidă — o moștenire a cvasi-extincției umanității de câteva ori în trecutul îndepărtat.[16] Extincția va fi rezultatul unei combinații de variație genetică insuficientă cauzată de niște evenimente din preistorie, viitoare extincție pricinuită de pierderea actuală de habitat, eșec reproductiv provocat de schimbările în comportamentul uman și în mediu și probleme mai specifice cu care s-au confruntat grupuri mici care se trezesc separate de altele de același tip.

*

Gheţarii vor continua, totuși, să se fărâmițeze și să se retragă, să înainteze și să se retragă, de multe ori. Injecția de bioxid de carbon indusă de om va amâna data următoarei înaintări glaciare, dar când va veni, aceasta va fi și mai bruscă. Prăbușirea aisbergurilor în oceane, mai ales în Atlanticul de Nord, ca urmare a schimbărilor climatice, va adăuga atât de multă apă dulce în ocean încât Curentul Golfului se va bloca, iar Europa și America de Nord vor fi aruncate într-o glaciațiune completă în mai puțin de o viață de om. Însă nicio ființă umană nu va mai fi acolo pentru a simți frigul.

Oamenii vor muri cândva înainte ca tot bioxidul de carbon generat de frenetica lor activitate să se disipeze. Efectul de seră rezidual va îndepărta o vreme frigul acestei perioade reci, doar pentru ca acesta să revină în trombă, primul dintr-o succesiune rapidă de episoade glaciare și perioade mai calde bruște, până când, în final, excesul de bioxid de carbon va fi absorbit și Marea Eră Glaciară Cenozoică va putea continua fără alte întreruperi.[17]

*

În aproximativ 30 de milioane de ani, Antarctica se va fi îndepărtat atât de mult către nord, încât apele calde, ecuatoriale vor șterge și ultimele rămășițe de calotă glaciară. Care va fi fost costul, în vieți, al acestei lungi perioade reci?

Toate mamiferele terestre mai mari decât un bursuc vor dispărea. Nu vor mai

exista copitate mari, elefanți, rinoceri, lei, tigri, girafe sau urși. Marsupialele vor fi dispărut aproape cu totul. Ornitorincul și echidna — mamiferele care depun ouă a căror origine poate fi urmărită până înapoi în Triasic — își vor fi depus ultimele ouă. Nu vor mai exista primate. Homo sapiens, ultimul din specia sa, va fi dispărut de mult.

Vor exista câteva păsări mici și doar câteva șopârle și șerpi. Reptile mai mari, precum țestoasele și aligatori, vor fi murit, la fel ca și restul amfibienilor.

Vor exista în continuare o mulțime de rozătoare, dar am putea avea dificultăți în a le recunoaște ca atare. Turme de erbivore noi, care pasc, vor fi descendenții șoarecilor și șobolanilor. Dintre carnivorele tradiționale, vor rămâne doar formele mai mici, de tipul mangustei sau dihorului. Carnivorele mai mari vor fi rozătoare, redux. Cu excepția, desigur, a celor mai terifianți prădători, care vor evolua din giganticii lilieci nezburători.[18]

Vor exista încă pești în mare. Rechinii vor patrula la fel de mult cum au făcut-o din Devonian încoace. Vor exista recife, alcătuite dintr-un gen nou de corali sau de spongieri.

Și, pentru o vreme, vor mai exista balene.

*

La scara cea mai panoramică, povestea vieții pe Pământ, cu tot dramatismul, cu tot freamătul său, este guvernată de două lucruri. Unul dintre ele este declinul lent al cantității de bioxid de carbon din atmosferă. Celălalt este creșterea constantă a strălucirii Soarelui.[19]

În principiu, viața se bazează pe abilitatea plantelor fotosintetice de a converti bioxidul de carbon din atmosferă în materie vie. Pentru a face asta, majoritatea plantelor au nevoie de o concentrație a bioxidului de carbon din atmosferă de aproximativ 150 de părți pe milion (ppm). Aceasta se bazează pe ipoteza că plantele convertesc bioxidul de carbon în zaharuri folosind un singur tip de fotosinteză, numit calea „C3“. Mai există însă un tip de fotosinteză, calea „C4“, care poate funcționa cu mult mai puțin — doar 10 ppm. Problema este că această

cale C4 necesită mai multă energie pe care s-o folosească, motivul pentru care, în majoritatea cazurilor, plantele tind să prefere calea C3.[20]

Schimbarea s-a produs acum câteva milioane de ani, odată cu evoluția ierbii, mai ales în savanele tropicale, care tinde să utilizeze calea C4, care consumă mai multă energie, dar e mai economică în ceea ce privește bioxidul de carbon. În ansamblu și în ciuda unui nivel maxim sau minim ocazional, bioxidul de carbon nu a încetat să scadă în decursul istoriei Pământului și, la un moment dat, pe la jumătatea erei cenozoice, ajunsese atât de jos încât selecția naturală a început să favorizeze această formă altminteri neobișnuită de fotosinteză, în pofida costului suplimentar.

Privind și mai în urmă, acesta este doar un exemplu al modului în care viața reacționează la provocările lansate de condițiile schimbătoare ale Pământului la care este limitată. În spatele multora dintre aceste provocări pândește creșterea constantă a cantității de căldură care ajunge pe Pământ de la Soare și suișurile și coborâșurile — dar mai ales coborâșurile — bioxidului de carbon.

*

De ce devine atât de rar și de prețios bioxidul de carbon? Răspunsul poate fi formulat într-un singur cuvânt — dezagregare. Rocile noi, împinse în sus prin sol pentru a deveni munți, sunt erodate rapid. Acest proces absoarbe bioxid de carbon din atmosferă. Rocile erodate ajung, în cele din urmă, să fie transformate în praf care ajunge, în cele din urmă, în mare, fiind îngropat pe fundul ei.

În primele zile ale Pământului, întreaga suprafață a planetei era acoperită de ocean, iar un sol care să fie erodat nu exista aproape deloc. Cu timpul, proporția solului a crescut în mod constant și, odată cu ea, și potențialul de dezagregare. Încet și sigur, cantitatea de bioxid de carbon eliminată din atmosferă a crescut în raport cu rata sa de refacere prin erupții vulcanice[21], de pildă.

*

Una dintre primele provocări ale vieții a apărut în timpul Marelui Eveniment de Oxidare, între acum 2,4 și 2,1 miliarde de ani. Un vârf de activitate tectonică a dus la o creștere accentuată a îngropării carbonului. Bioxidul de carbon a fost eliminat din aer. Lumea, fiindcă nu mai beneficia de efectul de seră, a intrat într-o eră glaciară care a durat 300 de milioane de ani, și tot globul a fost acoperit de gheață, de la un pol la altul — primul și cel mai mare episod Pământul de Zăpadă. Severitatea a fost exacerbată de faptul că Soarele a produs mult mai puțină căldură decât o face astăzi, fapt care avea să influențeze cursul viitor al vieții pe planetă.

Viața a răspuns printr-o creștere în complexitate. Bacterii individuale, care trăiau în asociații libere, și-au pus laolaltă resursele, fiecare individ concentrându-se pe un singur aspect al vieții în care excela. A fost un exemplu clasic de diviziune a muncii, scos direct din Adam Smith și Avuția națiunilor. Fabricile în care fiecare muncitor se concentrează pe o sarcină specifică în loc să încerce să facă totul de unul singur sunt mult mai eficiente decât suma părților lor.

În același mod, noile celule nucleate (eucariote) au putut realiza mai mult cu mai puțin.

*

Următoarea provocare majoră adresată vieții a venit aproximativ acum 82,5 milioane de ani, odată cu ruperea supercontinentului Rodinia. Ca și înainte, asta a dus la o creștere masivă a intemperiilor, la îngroparea carbonului și la o altă serie prelungită de ere glaciare. Aceste ere glaciare au provocat episoade Pământul de Zăpadă, în ciuda faptului că nu au durat la fel de mult precum cel care înghețase planeta în timpul Marelui Eveniment de Oxidare. Deși exista mai mult sol de erodat, Soarele era mult mai fierbinte.[22]

La momentul respectiv, eucariotele experimentaseră o creștere suplimentară a complexității, celulele eucariote diverse grupându-se pentru a crea un organism compus din multe celule diferite, fiecare concentrându-se pe o altă sarcină, cum ar fi digestia, reproducerea sau apărarea. Evoluția animalelor a fost o consecință

directă a erelor glaciare care au urmat ruperii Rodiniei.

Încă o dată, viața răspunsese unei perturbări majore de mediu printr-o revizuire minuțioasă a economiei sale interne. Multicelularitatea a permis organismelor să devină mai mari, să se miște mai repede, să ajungă mai departe și să exploateze mai multe resurse într-un mod în care celulele eucariote n-ar fi putut s-o facă niciodată.

*

Nu a fost ca și cum celulele eucariote s-au uitat în calendar și, văzând că era acum 825 de milioane de ani, au decis în unanimitate să devină multicelulare. Creaturile multicelulare evoluaseră cu mult înainte, iar eucariotele unicelulare — și bacteriile — aveau să rămână extrem de comune. Doar că, în loc să fie o ciudățenie, configurația multicelulară a devenit mai comună. Acum un miliard de ani, am fi asistat la fronda ocazională a algelor într-un ocean de mâzgă. Acum 800 de milioane de ani, algele erau peste tot. Acum 500 de milioane de ani, algele conviețuiau cu animalele, unele suficient de mari pentru a fi văzute cu ochiul liber.

*

În mod similar, viața se pregătește pentru următoarea etapă în evoluția sa complexă. Așa cum bacteriile s-au combinat pentru a crea eucariote, așa cum acestea s-au combinat pentru a crea animale multicelulare, plante și fungi, tot așa aceste organisme se vor combina pentru a produce, în ultimele ere ale vieții pe Pământ, un tip complet nou de organism, cu o putere și o eficiență greu de imaginat.

Semințele au fost plantate cu mult timp în urmă.

*

La scurt timp după ce au ajuns prima oară pe uscat, plantele au descoperit că viața era mult mai ușoară când formau asociații strânse cu fungi subterani numiți micorize, care se atașau de rădăcinile plantelor. Plantele le furnizau fungilor substanțe nutritive produse prin fotosinteză. La rândul lor, fungii săpau adânc în sol pentru a găsi minerale.[23]

Astăzi, majoritatea plantelor terestre au asociații cu micorizele, ba chiar nu ar putea trăi fără ele. Data viitoare când mergeți în pădure, gândiți-vă că în solul de sub picioarele voastre, micorizele diverselor plante s-au conectat pentru a schimba nutrienți, formând o rețea amplă ce reglează creșterea întregii păduri. Pădurea — cu toți copacii și micorizele sale — este un superorganism unic.[24]

Fungii au potențialul de a regla viața pe suprafețe foarte mari. Unul dintre cele mai mari organisme cunoscute este un specimen al fungusului Armillaria bulbosa ale cărui fire microscopice s-au întins pe o zonă de 15 hectare dintr-o pădure din nordul statului Michigan. Deși cu greu i-ai putea observa existența, el are o masă totală de peste 10 000 de kilograme și trăiește de mai mult de 1 500 de ani.[25] Definirea acestui fungus ca un singur individ este totuși dificilă. Firele fungilor se răspândesc, invizibile, invazive, neobservate, în toate ungherele și colțișoarele, formând în secret uniuni gigantice, îngropate în întuneric, în sol.

*

Mult mai târziu, pe măsură ce era dinozaurilor se apropia de apogeu, lumea plantelor a trecut printr-o revoluție tăcută. Aceasta a fost evoluția florilor.

Plantele cu flori au început ca niște mici chestii târâtoare, în apropierea apelor de la marginile lumii, dar în scurt timp au devenit mult mai comune. O sută de milioane de ani mai târziu, ele sunt forma dominantă a plantelor terestre.

Unul dintre avantajele florilor este că atrag polenizatori în loc să se bazeze pentru fertilizarea lor pe vânt, vreme și șansă. La plantele cu flori, ca în cazul

multor altor lucruri, viața a scurtcircuitat mediul, înclinând balanța în favoarea sa.

Prin urmare, nu a fost poate o coincidență că evoluția florilor s-a produs concomitent cu o creștere spectaculoasă a numărului de insecte polenizatoare, mai ales a furnicilor, albinelor și viespilor (denumite, împreună, himenoptere) și a fluturilor și moliilor (lepidoptere).[26] Aceste insecte existau deja de milioane de ani, însă evoluția plantelor cu flori a grăbit și evoluția lor.

Unele plante și polenizatorii lor sunt legați într-o măsură atât de mare, încât nu pot supraviețui unii fără alții. Smochinii, de exemplu, nu se pot reproduce fără alaiul lor de viespi de smochin, care și-au construit viața în jurul plantei. Ceea ce considerăm ca fiind fructele smochinului sunt efectiv habitate create de și pentru viespi.[27] Există o relație la fel de strânsă între yucca și moliile sale.[28] În anumite privințe, smochinele și viespile de smochin formează un singur organism, o uniune indisolubilă; același lucru poate fi spus despre yucca și molia de yucca.

*

Multe furnici, albine și viespi au evoluat către o stare nouă și mai integrată, complet separată de asocierile lor cu plantele — chiar dacă evoluția plantelor cu flori le-a determinat propria evoluție. Multe dintre aceste insecte formează colonii gigantice în care indivizii se specializează pentru sarcini specifice, precum paza sau căutarea hranei. În mod semnificativ, reproducerea îi revine unui singur individ, regina. Exact ca într-un organism multicelular, chestiunea reproducerii este concentrată într-o populație distinctă de celule.

Acest gen de colonii sunt superorganisme și chiar prezintă comportamente distincte care altfel ar fi caracteristice animalelor singure. De exemplu, unele colonii de furnici culegătoare Pogonomyrmex barbatus tind să trimită mai puțini căutători în timpul perioadelor secetoase decât alte colonii, iar această restricție se amortizează prin înființarea mai multor colonii-fiică.[29] Precum oamenii, furnicile formează asociații strânse cu bacteriile care trăiesc în interiorul lor și cu alte animale din jur. Ele cultivă în mod activ grădini de fungi; tind să domesticească roiuri de afide pe care le recoltează pentru nectarul pe care îl

secretă.

Organizarea socială este o trăsătură legată de succes.[30] Succesul lui Homo sapiens ar putea fi atribuit unui tendințe de organizare socială în cadrul căreia — la fel ca insectele sociale — indivizii tind să se specializeze în îndeplinirea unor sarcini specifice. O astfel de organizare are potențialul de a acumula mai ușor mai multe resurse decât ar putea s-o facă indivizii care acționează singuri. Câți oameni din lumea de azi ar fi în stare să ducă un trai confortabil dacă ar fi forțați să-și acopere singuri chiar și cele elementare nevoi? Același lucru e valabil și pentru insectele sociale. A fost valabil și înainte ca ele să evolueze, și va fi valabil multă vreme după ce oamenii vor dispărea. Ba chiar, beneficiile dimensiunii mici a indivizilor și ale organizării pe scară largă vor deveni și mai importante cu timpul.

*

Pe măsură ce timpul trece și bioxidul de carbon necesar pentru fotosinteză devine tot mai rar, asociațiile de acest tip vor deveni și mai comune. Organismele individuale vor deveni mai mici și vor folosi mai eficient resursele, formând părți ale unor superorganisme sociale mult mai ample. În același timp, plantele se vor baza pe animale pentru a le furniza bioxid de carbon și a le poleniza. Plantele cu asocieri mai puțin strânse vor sfârși prin a fi înfometate. Viespile de smochin și moliile de yucca și-au schimbat deja foarte mult forma și comportamentul în comparație cu rudele lor mai libere și mai promiscue.

Plantele se vor asocia mai strâns cu polenizatorii lor, mai ales dacă aceștia sunt insecte sociale. Această schimbare se va accelera până când insectele vor ajunge simple vehicule pentru a media fertilizarea și a furniza bioxid de carbon. În final, ele vor deveni doar ceva mai mult decât niște organe microscopice din interiorul plantei — la fel cum mitocondriile din celulele noastre au fost cândva bacterii libere. Reproducerea insectelor va deveni complet sincronă cu cea a plantelor. Ele vor trebui să devină una.

Pe de altă parte, plantele se vor fi schimbat și ele, devenind de nerecunoscut. Poate că vor semăna cu fungii, cu cea mai mare parte a corpurilor lor în pământ,

sub formă de rădăcini sau tulpini terminate cu tuberculi, transformate poate în caverne umflate, goale, în care partenerii lor, insectele producătoare de bioxid de carbon, semănând acum mai mult cu viermii microscopici sau chiar cu celulele de tip amiboid, vor trăi toată viața, dedicați să ajute la fertilizarea unor flori mici, produse intern. O plantă va trimite doar ocazional țesut fotosintetic deasupra solului. Dar cu tot mai puțin bioxid de carbon care să poată fi strâns, și ofilită de căldura tot mai puternică a Soarelui, „ocazional“ va deveni „rareori“, care va deveni „aproape niciodată“.

Unele plante vor trimite, totuși, mici flori deasupra solului pentru a elibera și a aduna polen în vânt, a menține diversitatea genetică și — poate — ca semnale, un fel de semafor, pentru a spune că nu este totul pierdut.

*

Și Pământul continuă să se miște. În 250 de milioane de ani, continentele se vor fi unit din nou într-un supercontinent, cel mai mare de până acum. La fel ca Pangeea, el se va întinde peste Ecuator.[31] O mare parte din interiorul său va fi cel mai uscat dintre deșerturi, înconjurat de lanțuri muntoase de o înălțime și o întindere gigantice.

Va prezenta puține semne de viață. În mare, viața va fi mai simplă și o parte semnificativă a ei va fi concentrată la adâncimi mari. Uscatul va părea complet lipsit de viață. Asta va fi o iluzie. Va exista încă viață, dar va trebui să o căutăm — foarte, foarte departe.

Chiar și astăzi, un număr imens de viețuitoare trăiesc în adâncul pământului, nebăgate în seamă, mai adânc chiar decât rădăcinile plantelor, mai adânc chiar decât micorizele și fungii, precum Armillaria, deși ei o pot simți.

În adâncul pământului trăiesc bacterii care sapă după minerale, ducând o existență foarte precară din energia obținută prin convertirea acestora dintr-o formă în alta.[32] Aceste bacterii sunt vânate de o serie de creaturi minuscule.[33] Majoritatea sunt viermi rotunzi, cea mai neglijată și mai ignorată formă de viață animală, fiindcă toți acei viermi rotunzi infestează atât de complet animalele și plantele, încât un savant a remarcat că, dacă toate viețuitoarele de pe Pământ ar

deveni transparente, cu excepţia viermilor rotunzi, am putea vedea în continuare siluetele fantomatice ale copacilor, animalelor, oamenilor, solul însuşi.[34]

Viaţa în biosfera profundă continuă atât de lent încât, prin comparaţie, face ca gheţarii să pară la fel de sprinţari ca mieii primăvara. Atât de lent, de fapt, încât abia se distinge de moarte. Bacteriile cresc foarte încet, se divizează rar şi pot trăi milenii. Pe măsură ce lumea se încălzeşte şi bioxidul de carbon din atmosferă devine tot mai rar, viaţa în adâncuri se va accelera.

Căldura însăşi o va impulsiona, la fel şi invazia, de deasupra, a unui nou tip de organism, un compozit greu imaginabil a ceea ce au fost, în trecutul îndepărtat, creaturile numite fungi, plante şi animale, dar care sunt ultimele redute ale vieţii aproape de suprafaţa planetei. Aceste superorganisme vor pune la treabă bacteriile lente din adâncuri, oferind refugiu în schimbul energiei şi al substanţelor nutritive, fiindcă de acum fotosinteza este ceva ce ţine de trecut.

Firele asemănătoare fungilor ale superorganismelor se vor ramifica prin scoarţa Pământului, mereu în căutare de mai multă hrană, mai multe organisme pe care să le adune, până când, într-o bună zi, târziu în amurgul Pământului, toate aceste fire se vor fi întâlnit şi fuzionat. La sfârşitul ei, poate, viaţa se va fi adunat într-o singură entitate vie, sfidătoare contra morţii luminii.

*

Pământul va continua să se mişte, deşi mai încet, ca şi cum l-ar durea, fiindcă planeta este de-acum foarte bătrână, de parcă ar avea artrită. Plăcile tectonice nu mai sunt la fel de bine unse cum erau odată.

În tinereţea planetei, marile motoare termice cu convecţie care puneau în mişcare deriva continentală erau alimentate de un cuptor nuclear: descompunerea lentă, radioactivă a unor elemente, precum uraniul şi toriul, create în secundele finale ale unei supernove şi care s-au refugiat către centrul planetei când s-a format ea, cu foarte mult timp în urmă. Aceste elemente au dispărut aproape în întregime.

Supercontinentul care se va forma peste vreo 800 de milioane de ani în viitor va fi cel mai mare din istoria planetei. Şi va fi şi ultimul. Deoarece continentele, a

căror deplasare neîncetată a fost combustibilul vieții și, adesea, dușmanul ei, vor avea în sfârșit un motiv să se oprească.

Nu va mai exista viață la suprafață. Până și în adâncurile Pământului, viața își dă ultima suflare. Ultimele viețuitoare din mare, strânse în jurul izvoarelor hidrotermale, vor muri de foame, fiindcă „afumătoarele“ de hidrogen și sulf bogate în minerale se irosesc și mor.

Într-un miliard de ani sau cam așa, viața pe Pământ, care a transformat atât de abil orice provocare la adresa existenței sale într-o oportunitate de a înflori, se va sfârși în cele din urmă.[35]

aaa

Epilog

Pentru a parafraza ceea ce a spus cineva într-un context diferit, carierele tuturor vieţuitoarelor sfârşesc prin extincţie. Nici viaţa însăşi nu va rezista. Homo sapiens nu va face excepţie de la asta.

Excepţie poate nu este — dar este totuşi excepţional. Deşi majoritatea speciilor de mamifere există de aproximativ un milion de ani, iar Homo sapiens, în sensul său cel mai larg, există de mai puţin de jumătate din acest timp, omenirea este o specie excepţională. Ea ar mai putea să dăinuie milioane de ani — sau să moară brusc marţea viitoare.

Motivul pentru care Homo sapiens este excepţional e următorul: reprezintă singura specie care, din câte se ştie, a devenit conştientă de locul său în ordinea lucrurilor. Ea şi-a dat seama de distrugerile pe care le provoacă lumii şi, prin urmare, a început să ia măsuri pentru a le limita.

*

Există în prezent multă îngrijorare că Homo sapiens a grăbit ceea ce a fost numit a „şasea“ extincţie în masă, un eveniment de o magnitudine similară celor „Cinci Mari“, extincţiile de la sfârşitul perioadelor Permian, Cretacic, Ordovician, Triasic şi Devonian — evenimente detectabile în arhivele geologice sute de milioane de ani mai târziu.

Deşi este adevărat că rata „de fond“ a extincţiei — felul în care speciile evoluează şi dispar, fiecare pentru motivele sale — a crescut odată cu evoluţia omului şi este foarte ridicată în prezent, fiinţele umane vor trebui să continue ceea ce fac încă 500 de ani pentru ca actuala rată de extincţie să însemne ceva comparabil cu cele Cinci Mari.[1] Asta reprezintă o perioadă de aproape două ori mai lungă decât cea dintre Revoluţia industrială şi epoca actuală. Daunele

produse sunt considerabile, dar mai e timp pentru a evita ca ele să devină atât de grave pe cât ar putea fi dacă omenirea nu ar face nimic. Nu este cea de-a șasea extincție. Cel puțin, nu încă.

Umanitatea a grăbit de asemenea un episod de încălzire globală pricinuit, în mare parte, de emisiile bruște de bioxid de carbon în atmosferă. Efectele încălzirii globale sunt deja resimțite și provoacă perturbări importante atât pentru sănătatea și securitatea umană, cât și pentru viețile multor specii diferite.

*

S-ar putea spune, desigur, că este în firea climei să fie schimbătoare: că planeta noastră a fost câteodată un bulgăre de magmă, o lume a apei, acoperită de junglă de la un pol la celălalt, iar alteori a fost învelită într-o manta de gheață groasă de câțiva kilometri.

Așadar, oprirea schimbărilor climatice poate părea un exercițiu de orgoliu narcisic colosal, așa cum regele Knut cel Mare și-a avertizat curtenii care i-au sugerat că orice rege demn de acest nume ar trebui să fie în stare să poruncească mareei să nu mai vină. E tentant atunci când ne confruntăm cu sloganuri ca:

SALVAȚI PLANETA!,

să răspundem:

OPRIȚI PLĂCILE TECTONICE!

sau chiar:

OPRIȚI PLĂCILE TECTONICE — ACUM!

La urma urmei, Pământul exista de 4,6 miliarde de ani înainte ca Homo sapiens să apară și va continua să existe multă vreme după ce Homo sapiens va dispărea.

*

O asemenea viziune întunecată s-ar justifica doar dacă omenirea ar fi la fel de inconștientă de activitățile sale ca, să zicem, primele bacterii fotosintetice care au poluat atmosfera cu cantități mici, dar totuși letale de otravă mortală pe care o cunoaștem astăzi sub numele de oxigen molecular.

Noi suntem însă foarte conștienți și luăm deja măsurile necesare pentru a acționa într-un mod mai responsabil. Peste tot în lume, emisiile de combustibili fosili sunt eliminate treptat în favoarea unor soluții mai puțin poluante. De exemplu, al treilea trimestru al anului 2019 a fost primul astfel de interval în care Marea Britanie a produs mai multă electricitate din surse regenerabile decât din generatoare care ardeau combustibili fosili și este probabil ca tendința să continue.[2] Orașele sunt mai curate și mai verzi.

Acum 50 de ani, când populația Pământului era jumătate din cât este în prezent, au existat îngrijorări serioase că omenirea avea să fie în scurtă vreme incapabilă să se hrănească.[3] Dar 50 de ani mai târziu, Pământul susține de două ori mai mulți oameni care, în ansamblu, sunt mai sănătoși, trăiesc mai mult și sunt mai prosperi decât înainte. Discuția s-a mutat mai degrabă asupra pagubelor cauzate de distribuția extrem de inegală a bogăției decât de absența bogăției.

Oamenii încep să trăiască mai economic. Și o fac rapid și cu oarecare entuziasm. Deși consumul de energie per capita continuă să crească la nivel mondial, în unele țări cu venituri mari a scăzut. În Marea Britanie și Statele Unite, consumul de energie per capita a atins maximumul în anii 1970, rămânând mai mult sau mai puțin același până în anii 2000, când a început să scadă și a făcut-o într-un

ritm foarte accentuat: în Marea Britanie, a scăzut cu aproape un sfert numai în ultimii 20 de ani.[4]

De asemenea, oamenii sunt mai bine educaţi decât înainte. În 1970, doar unu din cinci oameni rămânea în școală până la vârsta de 12 ani. Acum procentul este puțin peste unu din doi (51 %) și se estimează să ajungă la 61 % în 2030.[5]

Populația umană, care cândva amenința să crească necontrolat, va ajunge la apogeu în secolul actual, după care va începe să scadă. În 2100, ea va fi mai mică decât este acum.[6]

Tehnologia mai eficientă și îmbunătățirile în agricultură au stat la originea multora dintre aceste lucruri. Însă poate cel mai important factor în îmbunătățirea condiției umane de-a lungul ultimului secol a fost emanciparea reproductivă, politică și socială a femeilor, mai ales în țările dezvoltate. Acum că femeile au tot mai mult control asupra corpurilor lor și au mai multe de spus în privința chestiunilor umane, omenirea și-a dublat forța de muncă, și-a îmbunătățit eficiența energetică globală și a oprit creșterea populației sale.

Viitorul aduce însă multe provocări. Cu toate acestea, așa cum viața a făcut-o mereu, omenirea le va răspunde — le răspunde — prin diviziunea muncii și folosind astfel mai puține resurse pentru a merge mai departe.

Și totuși, mai devreme sau mai târziu, Homo sapiens va ajunge să dispară.

*

S-ar putea să existe o clauză de renunțare, deși, dacă ne uităm mai atent, ea se dovedește iluzorie. Această carte vorbește despre viața pe Pământ și atrage atenția că, într-o bună zi, condițiile de pe Pământ vor deveni prea ostile pentru orice fel de viață, oricât de ingenioasă ar fi. Însă nu am vorbit despre felul în care viața ar putea fi extinsă dincolo de Pământ.

Deși se știe că unele organisme pot rezista expunerii la spațiu,[7] Homo sapiens este prima specie care, după câte se cunoaște, a plecat intenționat în spațiu, a instalat o stație spațială cu echipaj uman pe orbită și a pus piciorul pe o altă

lume, Luna. Prin urmare, este posibil ca ființele umane să părăsească în mod regulat Pământul și chiar să trăiască permanent în spațiu, fie pe suprafețe planetare, fie în habitate artificiale.

În prezent, acest lucru pare improbabil. La ora la care scriu aceste rânduri, doar o mână de oameni au vizitat Luna,[8] și nimeni nu a făcut-o din 1972 încoace. Acesta nu este neapărat un motiv de pesimism. Când primii oameni moderni, care au trăit pe coastele sudice ale Africii, acum aproximativ 125 000 de ani, au inventat cosmeticele, au învățat să deseneze și să folosească arcuri și săgeți, s-a născut tehnologia, doar pentru a fi, din câte se pare, uitată, uneori timp de mii de ani, până când, în cele din urmă, a fost recuperată și a devenit ceva obișnuit. S-ar putea ca astfel de activități să necesite un număr suficient de oameni, care trăiesc suficient de aproape unii de alții pentru a le susține și a se asigura că meșteșugurile și deprinderile necesare sunt păstrate.

Călătoriile spațiale, aparent abandonate, revin la viață după o lungă adormire și ar putea ajunge rutină. Progresele tehnologice au însemnat că o călătorie spațială nu mai e atât de costisitoare, încât doar guvernele își pot permite luxul să o facă. S-au implicat corporații private. Perspectiva ca oamenii să viziteze spațiul doar pentru a admira priveliștea nu mai ține de science-fiction. La început, singurii clienți vor fi cei fabulos de bogați — dar același lucru a fost cândva valabil și pentru călătoriile cu avionul.

Merită remarcat cât de rapid a evoluat tehnologia. De exemplu, doar 50 de ani au despărțit primul zbor transatlantic cu aeroplanul (iunie 1919), realizat de doi piloți curajoși într-un aparat care, pentru un ochi modern, arată ca un montaj fragil de pânză, lemn și motoare de mașină de tuns iarba, legate cu sârmă, de momentul în care omul a pus prima dată piciorul pe Lună (iunie 1969).

Dar extincția rămâne în continuare destinul omenirii, chiar dacă, într-o zi, specia va ajunge la stele. Coloniile umane vor fi foarte mici și separate de distanțe uriașe, crescând posibilitatea ca multe dintre ele să eșueze din lipsă de oameni și de diversitate genetică, iar cele câteva care vor reuși se vor ramifica, în cele din urmă, în specii diferite. Nu va exista nicio scăpare în felul acesta.

*

Care va fi deci moştenirea umană? Măsurată în raport cu durata vieţii pe Pământ — zero. Întreaga istorie umană, atât de intensă şi atât de scurtă, toate războaiele, literatura, toţi prinţii şi dictatorii cu palatele lor, toată bucuria, toată suferinţa, toate iubirile, visurile şi împlinirile, nu vor lăsa decât un strat gros de câţiva milimetri într-o viitoare rocă sedimentară, până când şi aceasta va fi erodată, va deveni praf şi va ajunge să se odihnească pe fundul oceanului.

Cumva totuşi asta face cu atât mai semnificativ, cu atât mai important ca noi să continuăm să păstrăm ceea ce avem, să facem existenţa noastră efemeră cât se poate de confortabilă, pentru noi şi pentru semenii noştri.

Star Maker, de Olaf Stapledon (1886–1950), este probabil cea mai îndrăzneaţă lucrare de ficţiune speculativă publicată vreodată. Faptul că foarte puţini au auzit de ea este probabil din pricina amplei sale viziuni întunecate (deşi cartea în sine e relativ scurtă). Povestea spune istoria cosmosului nostru, care are nevoie de mai mult de 400 de milioane de ani pentru a se desfăşura — iar acesta nu-i decât unul dintre numeroasele universuri. Istoria umanităţii ocupă un simplu paragraf.

În poveste, protagonistul iese din cabana sa după o ceartă cu soţia. Aşezat pe coama unui deal, are o viziune în care este transportat în cosmos. Întâlnind alţi rătăcitori, el devine parte a unei comunităţi de suflete care ia parte la multe aventuri până când, consolidată sub forma unei minţi cosmice, întâlneşte Creatorul. Universul nostru nu e decât una dintre încercări — alte universuri de jucărie sunt împrăştiate prin atelierul Creatorului. Mai mult decât atât, urmează să vină universuri mai mari.

Întorcând-se acasă, protagonistul reflectează la călătoriile sale. Merită amintit că Stapledon a fost un pacifist cunoscut, care fusese, totuşi, martor ocular la ororile războiului, lucrând cu Friend’s Ambulance Service pe Frontul de Vest. Star Maker a fost publicată în 1937, când lumea se îndrepta spre un alt conflict mondial: aspect pe care protagonistul îl discută în prologul şi în postfaţa cărţii.

Cum poate face faţă un om obişnuit unei asemenea grozăvii inumane? întreabă naratorul.

„Două lumini călăuzitoare“, propune el. Prima, „micul nostru atom luminos al comunităţii“. A doua, aparent antitetică, „lumina rece a stelelor“, în care

chestiuni precum războaiele mondiale au o importanţă neglijabilă. El conchide:

În mod ciudat, pare că e mai urgent să joace un rol în această luptă efortul organismelor microscopice de a se chinui să câştige pentru rasa lor o luciditate oarecum mai mare înaintea întunericului suprem.

Prin urmare, nu disperaţi. Pământul mai zăboveşte şi viaţa îşi vede în continuare de drum.

aaa

Lecturi suplimentare

După cum veți vedea, această carte are note ample ce detaliază unele dintre cercetările principale pe care se bazează. Lucrările de cercetare sunt prin natura lor destinate să fie citite de alți cercetători. Aici, în schimb, ofer câteva sugestii de lecturi suplimentare care sunt, sper, mai accesibile.

Benton, Michael J., When Life Nearly Died (Londra: Thames & Hudson, 2003). Povestea extincției de la sfârșitul Permianului, în detalii terifiante (și, deci, captivante), cu o analiză a posibilelor cauze.

Berreby, David, Us and Them (New York: Little, Brown, 2005). Despre comportamentul uman, în particular despre cât de ușor formăm grupuri și alianțe reciproc ostile. Aceasta e cea mai bună carte de antropologie pe care am citit-o vreodată. Puteți să mă citați.

Brannen, Peter, The Ends of the World (Londra: Oneworld, 2017). Povestea diverselor extincții în masă din istoria Pământului.

Brusatte, Steve, The Rise and Fall of the Dinosaurs (Londra: Macmillan, 2018). O carte concisă, actuală și incitantă despre cele mai recente cercetări asupra dinozaurilor.

Clark, Jennifer, Gaining Ground (Bloomington: University of Indiana Press, 2012). Ghidul despre originea vertebratelor de uscat de la începuturile lor acvatice.

Dixon, Dougal, After Man (Londra: Granada, 1981). O privire glumeață asupra modului în care ar putea arăta fauna peste 50 de milioane de ani, dacă ființele umane ar dispărea astăzi.

Fortey, Richard, The Earth, an Intimate History (Londra: HarperCollins, 2005). Întreaga istorie a planetei noastre dintr-o perspectivă geologică.

Fraser, Nicholas, Dawn of the Dinosaurs (Bloomington: Indiana University Press, 2006). Istoria pe nedrept neglijatei perioade Triasic. Ilustrații evocatoare de Douglas Henderson.

Gee, Henry, In Search of the Deep Time (New York: The Free Press, 1999), publicată în Marea Britanie cu titlul Deep Time (Londra: Fourth Estate, 2000). O carte ce avertizează asupra lucrurilor la care se referă cartea pe care o aveți în mână — folosind o arhivă incompletă a fosilelor pentru a spune o poveste. În schimb, cineva poate folosi arhiva pentru a schița multe povești posibile, dintre care unele sunt mult mai interesante decât cea pe care ați crezut că o știți.

Gee, Henry, The Accidental Species (Chicago: University of Chicago Press, 2013). Ghidul vostru la îndemână pentru a studia originile și evoluția omului, demontând câteva mituri și detronând omenirea din poziția ei superioară.

Gee, Henry, Across the Bridge (Chicago: University of Chicago Press, 2018). Un ghid despre originile vertebratelor, grupul de animale căruia îi aparținem noi înșine.

Gee, Henry și Rey, Luis V., A Field Guide to Dinosaurs (Londra: Aurum, 2003). Un ghid pentru călători către lumea dinozaurilor; este foarte speculativ. Merită pentru ilustrațiile extraordinare ale lui Luis Rey.

Gibbons, Ann, The First Human (New York: Anchor, 2006). Povestea cercetărilor despre originile omului spusă de un comentator de top în domeniu.

Lane, Nick, The Vital Question (Londra: Profile, 2005). O perspectivă asupra modului în care a început viața, oferită de un scriitor plin de vervă.

Lieberman, Daniel, The Story of the Human Body (Londra: Allen Lane, 2013). O relatare a evoluției umane și de ce stilurile noastre moderne de viață se potrivesc atât de puțin cu moștenirea noastră.

McGhee, George R., Jr., Carboniferous Giants and Mass Extinction (New York: Columbia University Press, 2018). O descriere vie a lumii în perioadele Carbonifer și Cretacic.

Nield, Ted, Supercontinent (Londra: Granta, 2007). Povestea derivei continentale și a ciclului supercontinentului de o jumătate de miliard de ani.

Prothero, Donald R., The Princeton Guide to Prehistoric Mammals (Princeton: Princeton University Press). Dacă eşti confuz în privinţa taeniodonţilor şi tilodonţilor tăi, a pantodonţilor şi dinoceratelor, asta e cartea de care ai nevoie. Ilustraţii minunate de Mary Persis Williams.

Shubin, Neil, Your Inner Fish (Londra: Penguin, 2009). Cum înrudirea noastră cu peştii poate fi regăsită la oamenii care trăiesc în ziua de azi.

Stringer, Chris, The Origin Of Our Species (London: Allen Lane, 2011). Povestea felului în care Homo sapiens a ajuns să fie aşa cum este.

Stuart, Anthony J., Vanished Giants (Chicago: University of Chicago Press, 20221). O trecere în revistă detaliată, dar accesibilă, a extincţiei majorităţii animalelor mari spre sfârşitul Pleistocenului. Cine ştia că a existat o specie numită Cămila Zilei de Ieri?

Thewissen, J.G.M. „Hans“, The Walking Whales (Oakland: University of California Press, 2014). Incredibila poveste a modului în care un grup de animale terestre s-au întors în mare şi au devenit în întregime marine în doar opt milioane de ani.

Ward, Peter şi Brownlee, Donald, The Life and Death of Planet Earth (New York: Henry Holt, 2002). Un prognostic sumbru al viitorului vieţii pe planeta noastră.

Wilson, Edward O., The Social Conquest of Earth (New York: Liveright, 2012). O polemică pasionată a fondatorului sociobiologiei despre felul cum evoluţia a produs superorganisme care au moştenit Pământul, fie ele furnici sau oameni.

aaa

Mulțumiri

După Across the Bridge am jurat că nu o să mai scriu altă carte.

„N-o să mai scriu altă carte“, i-am spus colegului meu David Adam. Pe atunci, David era reporter de ştiri şi scriitor la Nature, unde lucram amândoi. Îl întrerupeam adesea pe David ca să putem discuta despre cărţi. El scrisese două: The Man Who Couldn’t Stop şi The Genius Within**.

Ignorând protestele mele, David a sugerat să scriu ceva despre cea mai uluitoare cercetare asupra fosilelor cu care avusesem privilegiul să mă întâlnesc, de-a lungul anilor, la biroul meu de la Nature.

Iar eu, insistând în continuare că nu aveam de gând să scriu încă o carte, am scris-o.

A fost mai puţin o carte de ştiinţă popularizată decât un expozeu revelator intitulat Let’s Talk About Rex: A Personal History of Life on Earth. Agenta mea, Jill Grinberg de la Jill Grinberg Literary Management, abia aştepta să vadă ce puneam la cale, dar am zis că întrucât era un soi de destăinuire fără restricţii, fără înfrumuseţări, detaliată şi personală, o să scriu cartea până la capăt şi, înainte să-i dau drumul în lume, o s-o discut cu toţi cei pe care o să-i numesc în continuare. Ea a fost de acord. Şi asta este ceea ce am făcut.

Primele îndoieli au venit din partea părinţilor mei, care au spus că e foarte frumoasă, dragă, dar pe cine, în afară de cei menţionaţi, ar interesa cu adevărat? Jill a sugerat să încerc o naraţiune mai directă. Aşa a început o conversaţie care, până să apară versiunea finală, a avut nevoie de luni de zi de ciorne, e-mailuri lungi şi câteva conversaţii telefonice noaptea târziu.

David Adam merită primele mulţumiri întrucât cartea a fost ideea lui, cel puţin la început. Dacă nu vă place, daţi vina pe el. Deşi îmi amintesc că Helen Parson, colega noastră, a contribuit şi ea.

Câţiva oameni au văzut părţi ale cărţii pe măsură ce ea se dezvolta şi unii chiar au făcut sugestii utile, deşi, evident, greşelile sunt în întregime ale mele, după

cum sunt și o grămadă de speculații fanteziste. Le mulțumesc pentru sfaturile înțelepte lui Per Erik Ahlberg, Michel Brunet, Brian Clegg, Simon Conway Morris, Victoria Herridge, Philippe Janvier, Meave Leakey, Oleg Lebedev, Dan Lieberman, Zhe-Xi Luo, Hanneke Meijer, Mark Norell, Richard „Bert“ Roberts, De-Gan Shu, Neil Shubin, Magdalena Skipper, Fred Spoor, Chris Stringer, Tony Stuart, Tim White, Xing Xu și mai ales Jenny Clack, care a trimis comentarii în timp ce era bolnavă. Această carte este dedicată memoriei ei.

Steve Brusatte (autor al cărții The Rise and Fall of the Dinosaurs) a făcut numeroase comentarii utile și a dat manuscrisul studenților săi, dintre care mulți au oferit cu amabilitate propriul feedback. Prin urmare, vă mulțumesc Matthew Byrne, Eilidh Campbell, Alexiane Charron, Nicole Donald, Lisa Elliott, Karen Helliesen, Rhoslyn Howroyd, Severin Hryn, Eilidth Kirk, Zoi Kynigopoulou, Panayiotis Louca, Daniel Piroska, Hans Püschel, Ruhaani Salins, Alina Sandauer, Ruby Stevens, Struan Stevenson, Michaela Turanski, Gabija Vasiliauskaite și unui student care a ales să rămână anonim.

Îmi cer scuze oricui merită să fie inclus și al cărui nume l-am omis din neatenție.

Jill m-a reprezentat începând din ultimul mileniu. Am trecut prin multe împreună. Când Jill a vândut prima mea carte comercială, In Search of Deep Time, am zburat la New York doar ca s-o scot la cină. Să nu mai spună nimeni că era cavalerismului a murit. Sub îndrumarea lui Jill, ceea ce a început ca o carte indecentă de memorii s-a transformat într-atât în cartea pe care o aveți în fața ochilor, încât a stârnit imaginația lui Ravindra Mirchandani de la Picador și a lui George Witte de la St Martin’s Press, care au preluat proiectul într-o perioadă foarte dificilă (pandemia de COVID din 2020–2021 era în plină desfășurare). Le mulțumesc lui Ravi, George, Jill și tuturor colegilor lor pentru a fi dus proiectul mai departe.

Cartea nu ar fi fost posibilă dacă nu aș fi avut norocul ca în ziua de vineri, 11 decembrie 1987, marele, regretatul John Maddox să-mi ofere un post la revista de știință Nature, permițând-mi astfel să urmăresc din primele loji defilarea descoperirilor care aveau loc în timpul celei mai captivante perioade din istoria științei.

Datorez multe mulțumiri familiei mele pentru încurajarea lor, deși cele mai sincere merg către soția mea Penny, al cărei răspuns obișnuit la exclamațiile că n-o să mai scriu vreodată altă carte este un zâmbet de cunoscător.

Penny a fost cea care m-a închis în biroul meu între 7 şi 9 în fiecare seară (mai puţin vinerea şi sâmbăta), cu o ceaşcă de ceai, doi biscuiţi digestivi şi câinele meu credincios Lulu.

Nu aş fi reuşit niciodată fără ei.

** David Adam, Geniul din noi. Sfârșitul inteligenței limitate și ce înseamnă asta pentru noi, Editura Rao, București, 2019, trad. de Gabriel Stoian.

aaa

Note

1. UN CÂNTEC DE FOC ȘI GHEAȚĂ

1. Vezi, de exemplu, R.M. Canup și E. Asphaug, „Origin of the Moon in a giant impact near the end of the Earth's formation", Nature 412, 708–712, 2001; J. Melosh, „A new model Moon", Nature 412, 694–695, 2001.

2. Asta explică de ce Pământul și Luna au compoziții similare și totodată de ce Luna este mai specială. Comparată cu majoritatea sateliților din sistemul solar, Luna este foarte mare în raport cu corpul pe care îl orbitează (Pământul, în acest caz). Vezi Mastrobuono-Battisti et al., „A primordial origin for the compositional similarity between the Earth and the Moon", Nature 520, 212–215, 2012.

3. Pentru a ilustra cât de activ rămâne Pământul până în ziua de azi, placa tectonică pe care stă Australia împinge spre nord în Indonezia, încreștindu-se pe măsură ce înaintează, într-un ritm de două ori mai rapid decât îi cresc unghiile profesorului Bert Roberts de la Universitatea Wollongong (sau cel puțin așa îmi spune Bert — ritmurile de creștere a unghiilor pot varia). Asta poate părea puțin, dar cu timpul se simte. Pe măsură ce Australia împinge înspre nord, marginea de nord a insulei Java se îndoaie în jos, intrând sub ea. Dacă ați zburat pe deasupra coastei de nord a insulei Java, așa cum a făcut eu, ați putut vedea că districtele cele mai nordice ale orașului Jakarta au fost abandonate mării, cu mult timp în urmă. Iar Bert continuă să-și taie unghiile.

4. Întrucât împărtășesc cu voi această poveste mai degrabă sub forma unei narațiuni decât a unei expuneri științifice, unele dintre lucrurile pe care le voi relata sunt susținute de mai multe dovezi decât altele. Circumstanțele originii vieții sunt probabil cel mai puțin înțelese decât orice altceva voi discuta — poate cu excepția unor fragmente mari din capitolul 12. Partea asta se apropie cel mai mult de a Inventa Chestii. Problema este că viața însăși e foarte greu de definit, un subiect abordat de Carl Zimmer în cartea sa Life's Edge (Random House, 2020).

5. În particular, membranele acumulează sarcină electrică şi îi permit acesteia să se disipeze făcând o muncă utilă, cum ar fi declanşarea unor reacţii chimice. În esenţă, aşa funcţionează o baterie. Atunci, ca şi acum, creaturile vii erau propulsate de electricitate. Aceasta este surprinzător de puternică. Dat fiind că diferenţa de sarcină dintre interiorul şi exteriorul celulelor este măsurabilă, însă distanţa microscopică, diferenţa potenţială poate fi foarte mare, de ordinul a 40–80 de mV (milivolţi). Pentru o descriere detaliată a rolului sarcinii electrice în originea vieţii şi multe altele, vezi cartea lui Nick Lane, The Vital Question.

6. Gândiţi-vă la adolescenţi, înţelegerea şi conştiinţa lor în formare crescând în detrimentul ordinii din mediul lor imediat.

7. Cele mai vechi roci care supravieţuiesc încă din primele zile ale Pământului au o vârstă cuprinsă între 3,8 şi 4 miliarde de ani, deşi cristalele mici, dar foarte robuste, ale unui mineral numit zirconiu se ştie că au supravieţuit peste 4,4 de miliarde de ani; la rândul său, zirconiul reprezintă rămăşiţele unor roci şi mai vechi care s-au erodat până au dispărut complet. Unele dintre aceste cristale de zirconiu poartă semne — vagi, asemenea fantomei unei amintiri a umbrelor întrezărite cu coada ochiului — că viaţa a trecut în felul acesta, acum mai bine de 4 miliarde de ani. Creaturile vii au o chimie unică bazată în mare măsură pe atomii de carbon. Aproape toţi atomii de carbon se prezintă într-o variantă, sau „izotop“, cunoscută sub numele de carbon-12. O proporţie infimă de atomi de carbon aparţin izotopului cunoscut sub numele de carbon-13, care e ceva mai greu. Genurile de reacţii chimice care au loc în organismele vii sunt programate astfel încât resping carbonul-13, şi prin urmare sunt îmbogăţite în carbon-12, în raport cu mediul anorganic — iar această discrepanţă poate fi măsurată. Roci extrem de vechi care conţin carbon, dar ceva mai puţin carbon-13 decât era de aşteptat în raport cu carbonul-12, ne-ar putea sugera că viaţa a fost cândva prezentă, chiar dacă rămăşiţele fizice concrete au dispărut — în acelaşi fel în care prezenţa pisicii de Cheshire, altminteri dispărută, poate fi dezvăluită de rânjetul ei persistent. Acesta este genul de dovezi pe care se bazează afirmaţia că viaţa a existat pe Pământ acum cel puţin 4,1 miliarde de ani. Ele provin dintr-un cristal de zirconiu care include o pată de grafit relativ bogat în carbon-12 ce sugerează că viaţa pe Pământ a început cu atât de mult timp în urmă, încât originea ei antedatează şi cele mai vechi roci. Vezi Wilde et al., „Evidence from detrital zircons for the existence of continental crust and oceans on the Earth 4.4 Gyr ago“, Nature 409, 175–178, 2001.

8. Vezi E. Javaux, „Challenges in evidencing the earliest traces of life“, Nature

572, 451–460, 2019, pentru un memento bine-venit cu privire la problemele de interpretare a fosilelor foarte vechi.

9. La ora la care scriu aceste rânduri, cea mai veche dovadă general acceptată cu privire la existența vieții pe Pământ provine de la o formațiune stâncoasă numită Strelley Pool Chert, din Australia, care conservă nu rămășițele unei fosile sau două, ci ale unui întreg ecosistem de recife care s-a dezvoltat într-un ocean cald și însorit în urmă cu aproximativ 3,43 de miliarde de ani. Vezi Allwood et al., „Stromatolite reef from the Early Archaean era in Australia“, Nature 441, 714–718, 2006. Există și alte dovezi, cu o vechime de peste 4 miliarde de ani, dar statutul lor este controversat.

10. Cel puțin până la evoluția animalelor care au putut să le pască. Astăzi, stromatoliții supraviețuiesc doar în acele locuri rare în care animalele nu pot ajunge. Un astfel de loc este Shark Bay, în vestul Australiei, o întindere de apă prea sărată pentru a supraviețui în ea altceva în afară de mâzgă.

11. Asta-i ciudat, fiindcă Soarele nu era pe atunci la fel de strălucitor cum este astăzi, o situație cunoscută sub numele de „Paradoxul Soarelui slab timpuriu“. Un paradox deoarece Pământul trebuie să fi fost realmente un bulgăre de gheață. Cu toate acestea, atmosfera de început era plină de gaze de seră puternice, precum metanul, care menținеau temperatura foarte ridicată.

12. Cauzele Marelui Eveniment de Oxidare rămân controversate. Dovezile sugerează o perioadă crescută de activitate, care a adus la suprafață gaze din adâncurile Pământului. Vezi Lyons et al., „The rise of oxygen in the Earth’s early oceans and atmosphere“, Nature 506, 307–315, 2014; Marty et al., „Geochemical evidence for high volatile fluxes from the mantle at the end of the Archaean“, Nature 575, 485–488, 2019; și J. Eguchi et al., „Great Oxidation and Lomagundi events linked by deep cycling and enhanced degassing of carbon“, Nature Geoscience doi:10.1038/s41561–019–0492–6, 2019.

13. După cum spunea Joni Mitchell: „Când am ajuns la Woodstock, eram o jumătate de milion“ și, după cum a adăugat un jurnalist muzical, obișnuit al festivalurilor: „...și 300 000 dintre noi căutam toaleta“.

14. Vezi Vreeland et al., „Isolation of a 250 million-year-old halotolerant bacterium from a primary salt crystal“, Nature 407, 897–900, 2000; J. Parkes, „A case of bacterial immortality?“ Nature 407, 844–845, 2000.

15. Este posibil ca această tendință să fi fost accelerată de trauma Marelui Eveniment de Oxidare.

16. Din punct de vedere tehnic, „bacteriile“ și „arheele“ sunt tipuri foarte diferite de organisme. Dar toate sunt mici și au același nivel de organizare, așa că folosesc aici „bacterii“ ca un termen familiar ce acoperă ambele tipuri.

17. Vezi Martijn et al., „Deep mitochondrial origin outside sampled alphaproteobacteria“, Nature 557, 101–105, 2018.

18. Fuziunea dintre diferite tipuri de bacterii și arhee pentru a crea celule nucleate a fost studiată îndeaproape de un gen de arheologie moleculară care clarifică evenimentele fuziunii (M.C. Rivera și J.A. Lake, „The Ring of Life provides evidence for a genome fusion origin of eukaryotes“, Nature 431, 152–155, 2004; W. Marin și R.M. Embley, „Early evolution comes full circle“, Nature 431, 134–137, 2004). Identitatea arheonului care a format nucleul a fost neclară, întrucât el ar fi trebuit să aibă și trăsături de celule nucleate, pe care arheele nu le au, de pildă, un schelet miniatural din fibre de proteină. Astfel de arhee au fost descoperite acum în sedimente de pe fundul mării (Sprang et al., „Complex archaea that bridge the gap between prokaryotes and eukaryotes“, Nature 521, 173–179, 2015; T.M. Embley și R.A. Williams, „Steps on the road to eukaryotes“, Nature 521, 169–170, 2015; Zaremba-Niedzwieska et al. „Asgard archaea illuminate the origin of eukaryote cellular complexity“, Nature 541, 353–358, 2017; J.O. McInerney și M.J. O’Connell, „Mind the gaps in cellular evolution“, Nature 541, 297–299, 2017; Eme et al., „Archaea and the origin of eukaryote“, Nature Reviews Microbiology 15, 711–723, 2017). După eforturi eroice, aceste celule au fost cultivate în laborator (Imachi et al., „Isolation of an archeon at the prokaryote-eukaryote interface“, Nature 577, 519–525, 2020; C. Schleper și F.L. Sousa, „Meet the relatives of our cellular ancestors“, Nature 577, 478–479). În mod curios, celulele sunt foarte mici, dar întind tendoane lungi care îmbrățișează bacteriile din apropiere, de unele dintre acestea având nevoie pentru a supraviețui; un posibil precursor al formării celulelor (Dey et al., „On the archaeal origins of eukaryotes and the challenges of inferring phenotype from genotype“, Trends in Cell Biology 26, 476–485, 2016).

19. Chiar și astăzi, cele mai multe dintre eucariote trăiesc în limitele unei singure celule. Eucariotele unicelulare includ atât amibele și paramecii întâlniți în orice iaz din grădină, cât și multe organisme care provoacă boli, precum malaria, boala

somnului și leishmanioza. Eucariotele cu corpuri formate din multe celule adunate laolaltă includ atât animale, plante și fungi, cât și numeroase alge, precum algele marine (macroalgele), deși chiar și eucariotele multicelulare își petrec o parte din ciclul de viață ca o singură celulă. Tu, dragă cititorule, provii dintr-o singură celulă.

20. „Sexul“ este complet distinct de „gen“. La început, participanții au produs celule sexuale de mărime mai mult sau mai puțin egală. „Genul“ a intrat în scenă atunci când un „tip de împerechere“ a produs un număr mic de celule sexuale mari, pe care le numim „ouă“, iar celălalt a produs un număr mare de celule sexuale foarte mici, pe care le numim „spermă“. Este în interesul producătorilor de spermă să fertilizeze cât de multe ouă cu putință, dar acest lucru intră în conflict cu interesele producătorilor de ouă, care sunt înclinați să fie mult mai selectivi cu privire la calitatea spermei căreia îi permit să fertilizeze stocul lor limitat de ouă. Războiul dintre mascul și femelă a început.

21. Viața multicelulară a evoluat, destul de independent, de multe ori (vezi Sebé-Pedros et al., „The origin of Metazoa: a unicelular perspective“, Nature Reviews Genetics 18, 498–512, 2017). În afară de animale, există plante și rudele lor apropiate, algele verzi, diverse tipuri de alge roșii și brune, și feluriți fungi. Cele mai multe dintre eucariote, însă, rămân unicelulare — așa cum o fac toate celulele sexuale eucariote, inclusiv ovulele și spermatozoizii umani. Prin urmare, dintr-o anumită perspectivă, am putea considera multicelularitatea ca un mecanism de sprijin care să permită o furnizare mai eficientă a celulelor sexuale.

22. Această perioadă din istoria Pământului este numită cumva disprețuitor de către geologi — care, fără promisiunea apocalipsului tectonic iminent ce va zgâlțâi lumea, de regulă stau în pat — „Miliardul Plictisitor“.

23. Protistele cuprind o gamă largă de organisme eucariote unicelulare foarte diverse care cândva erau exilate într-un grup socotit marginal, numit „protozoare“. La fel ca viețuitoarele comune din bălți, precum amiba și parameciul, ele includ creaturi importante pentru sistemul Pământului, printre care dinoflagelatele ce cauzează „mareele roșii“, foraminiferele și cocolitoforele, care își formează carapace minerale de o frumusețea deosebită; pentru medicină, precum paraziții malariali și tripanozomele, care provoacă boala somnului; și pentru curiozitatea și uimirea generală, precum dinoflagelata Nematodininum care are un ochi perfect format, cu un strat asemănător corneei, un cristalin și o retină (vezi F.S. Gavelis, „Eye-like ocelloids are built from a different

endosymbiotically acquired components“, Nature 523, 204–207, 2015). Protistele sunt ca terierii Jack Russel: ce le lipsește în mărime, compensează prin personalitate.

24. Vezi Strother et al., „Earth’s earliest non-marine eukaryotes“, Nature 473, 505–509, 2011.

25. Lichenii sunt asocieri de alge şi fungi atât de intime, încât pot fi recunoscute ca specii distincte. Pentru o minunată disertație despre licheni, vezi cartea lui Merlin Sheldrake Entangled Life: How Fungi Make Our Worlds, Change Our Minds, and Shape Our Futures (Londra: The Bodley Head, 2020).

26. Vezi J.N. Butterfield, „Bangiomorpha pubescens n. gen. n. sp.: implications for the evolution of sex, multicellularity, and the Mesoproterozoic/Neoproterozoic radiation of eukaryotes“, Paleobiology 26, 386–404, 2000.

27. Vezi C. Loron et al., „Early fungi from the Proterozoic era in Arctic Canada“, Nature 570, 232–235, 2019.

28. Vezi El Albani et al., „Large colonial organisms with coordinated growth in oxygenated environments 2.1 Gyr ago“, Nature 466, 100–104, 2010.

29. Plăcile tectonice respiră. O dată la câteva sute de milioane de ani, continentele se adună într-o masă supercontinentală unică, doar ca aceasta să se rupă din nou atunci când coloane de magmă din adâncurile Pământului le străpung de dedesubt, separându-le iarăși. Cel mai recent supercontinent a fost Pangeea, care a atins dimensiunea maximă acum vreo 250 de milioane de ani. Înaintea lui a fost Rodinia, iar mai devreme a fost Columbia; şi există dovezi ale unora şi mai timpurii. Tot ce veți dori vreodată să aflați despre plăcile tectonice puteți găsi în Supercontinent, cartea scrisă de prietenul meu Ted Nield (Londra: Granta, 2007). Ted mă asigură că volumul nu are legătură cu exercițiile pentru planşeul pelvian, cum s-ar fi putut gândi unii.

2. ANIMALELE SE ADUNĂ

1. Pentru o mare parte din ceea ce urmează, m-am inspirat din Lenton et al., „Co-evolution of eukaryotes and ocean oxygenation in the Neoprotozoic era“, Nature Geoscience 7, 257–265, 2014.

2. Data la care a început evoluția spongierilor (bureților) este discutabilă. Spiculele mineralizate care formează scheletul spongierilor rareori apar înainte de Cambrian, asta dacă o fac vreodată, iar fosilele „moleculare“, considerate a fi un element de identificare a spongierilor, ar fi putut fi formate de către protiste. Vezi Zumberge et al., „Demosponge steroid biomarker 26–methylstigmastane provides evidence for Neoproterozoic animals“, Nature Ecology & Evolution 2, 1709–1714, 2018; J.P. Botting și B.J. Nettersheim, „Searching for sponge origins“, Nature Ecology & Evolution 2, 1685–1686, 2018; Nettersheim et al., „Putative sponges biomarkers in unicellular Rhizaria question an early rise of animals“, Nature Ecology & Evolution 3, 577–581, 2019.

3. Vezi Tatzel et al., „Late Neoproterozoic seawater oxygenation by siliceous sponges“, Nature Communications 8, 621, 2017. Nu putem să nu ne gândim la ultima carte a lui Darwin, The Formation of Vegetable Mould through the Action of Worms, publicată în 1881, nu cu mult înainte de moartea marelui savant. Cu greu s-ar putea găsi o carte cu un titlu mai puțin atractiv, deși, acestea fiind spuse, eu am găsit cândva pe rafturile de cărți trimise la revista Nature pentru a fi recenzate un tom mare, intitulat Activated Sludge. Dar mă abat de la subiect. Worms (așa cum este de regulă cunoscută printre experții în Darwin) demonstrează cum acțiunea viermilor de pământ care răscolesc solul poate, de-a lungul unor perioade imense de timp, să transforme peisajul. Dat fiind că această cărticică adună marile teme ale timpului și schimbărilor pricinuite de acesta care dominaseră viața lui Darwin într-un volum accesibil, ce putea fi înțeles de toată lumea, Worms este o încununare perfectă a geniului său. Și pentru că era Darwin, el a măsurat practic efectele viermilor înregistrând cât timp i-a trebuit unei pietre așezate pe pajiștea din spatele casei sale să se afunde în pământ ca urmare a acțiunii viermilor care afânau solul de dedesubt.

4. Tehnic vorbind, termenul plancton se referă mai degrabă la o parte a oceanului decât la organismele care trăiesc în el. Planctonul este stratul luminat de soare de la suprafața oceanului, bogat în oxigen produs de alge fotosintetice, și comunitățile de animale care se hrănesc cu alge și se mănâncă unele pe altele. Multe animale care trăiesc pe fundul oceanului ca adulți (inclusiv spongierii) au larve ce trăiesc în plancton.

5. Vezi Logan et al., „Terminal Proterozoic reorganization of biogeochemical cycles“, Nature 376, 53–56. 1995.

6. Vezi Brocks et al., „The rise of algae in Cryogenic oceans and the emergence of animals“, Nature 548, 578–581, 2017.

7. Această așa-numită faună Ediacaran și-a luat numele de la lanțul de coline din Australia de Sud, unde au fost descoperite primele fosile din acea epocă. De atunci încoace, fosile Ediacaran au fost găsite în diverse locuri din lume, din înghețata Rusie Arctică, Newfoundland-ul bătut de vânturi și deșerturile Namibiei până în împrejurimile relativ blânde ale Angliei centrale.

8. În prezent, se crede că Dickinsonia a fost un fel de animal, deși nu e clar de ce fel. Vezi Bobrovskiy et al., „Ancient steroids establish the Ediacaran fossil Dickinsonia as one of the earliest animals“, Science 361, 1246–1249, 2018.

9. Vezi Fedonkin și Waggoner, „The Late Precambrian fossil Kimberella is a mollusc-like bilaterian organism“, Nature 388, 868–871, 1997.

10. Vezi Mitchell et al., „Reconstructing the reproductive mode of an Ediacaran macro-organism“, Nature 524, 343–346, 2015.

11. Gregory Retallack a sugerat că unele animale din Ediacaran au trăit pe uscat, o afirmație care este, să spunem așa, controversată. Vezi G.J. Retallack, „Ediacaran life on land“, Nature 493, 89–92, 2013; S. Xiao și L.P. Knauth, „Fossils come in to land“, Nature 493, 28–29, 2013.

12. Vezi Chen et al., „Death march of a segmented and trilobite bilaterian elucidates early animal evolution“, Nature 573, 412–415, 2019.

13. Părțile tari ale animalelor sunt invariabil alcătuite din compuși de calciu. La scoici, din carbonat de calciu. La animalele cu coloană vertebrală, precum peștii și oamenii, din fosfat de calciu. Vezi S.E. Peters și R.R. Gaines, „Formation of the «Great Unconformity» as a trigger for the Cambrian Explosion“, Nature 484, 363–366, 2012.

14. S-a aflat foarte greu ce fel de animale au creat scheletele conice stivuite numite Cloudinia. Prezervarea rară de țesut moale sugerează că ele au fost create de animale asemănătoare viermilor cu intestine: Schiffbauer et al., „Discovery of bilaterian-type through-guts in cloudinomorphs from the terminal Edicaran

Period“, Nature Communications 11, 205, 2020.

15. Vezi S. Bengston și Y. Zhao, „Predatorial borings in late Precambrian mineralized exoskeletons“, Science 257, 367–369, 1992.

16. Artropodele cuprind de departe cel mai de succes grup de animale. El include insectele și verii lor marini, crustaceele; milipedele și centipedele; păianjenii, scorpionii, acarienii și căpușele, precum și cele mai obscure pycnogonide (păianjenii-de-mare) și xifosura (crabii-potcoavă), și o mulțime de forme dispărute, precum eurypteridele, și, desigur, trilobiții. Veri apropiați ai artropodelor sunt ciudatele onicofore sau viermi mătăsoși, creaturi modeste întâlnite astăzi în frunzișul putrezit de pe solul pădurilor tropicale, dar care cândva au avut o nobilă istorie marină; și tardigradele sau ursuleți-de-apă — mici creaturi întâlnite trăind printre licheni și mușchi, neobișnuit de atrăgătoare pentru că sunt practic indestructibile, fiind capabile să reziste la fierbere, înghețare și vidul spațial. În cazul în care cineva de la Marvel sau DC Comics citește asta, să știți că ați ratat o ocazie neinventând Omul Tardigrad. Luați ideea, v-o dau gratis.

17. Tamisiocaris, o rudă a lui Anomalocaris, pare să fi fost mai pașnic, dezvoltând pe apendicele sale frontale în formă de gheare niște peri asemănători unor franjuri adaptați pentru colectarea planctonului, funcționând precum fanoanele unei balene sau spinii branhiali ai rechinului pelerin (Vinther et al., „A suspension-feeding anomalocarid from the Early Cambrian“, Nature 507, 496–499, 2014). Spre deosebire de multe forme cambriene, anomalocarididele au supraviețuit în Ordovician, perioadă în care speciile ce se hrăneau prin filtrare au ajuns la imensa dimensiune de doi metri (Van Roy et al., „Anomalocaridid trunk limb homology revealed by a giant filter-feeder with paired flaps“, Nature 522, 77–80, 2015).

18. Acest lucru este poate mai puțin adevărat astăzi decât a fost în anii 1980, când Stephen Jay Gould a scris Wonderful Life, oda sa închinată Șistului Burgess, o carte care a adus în centrul atenției publice această perspectivă asupra vieții oceanice timpurii. Gould a sugerat că multe dintre animalele de la Burgess nu aveau niciun fel de rude apropiate printre animalele care trăiesc astăzi.

19. Vezi Zhang et al., „New reconstruction of the Wiwaxia scleritome, with data from Chenjiang juveniles“, Scientific Reports 5, 14810, 2015.

20. Vezi Caron et al., „A soft-bodied mollusc with radula from the Middle Cambrian Burgess Shales“, Nature 442, 159–163, 2006; S. Bengtson, „A ghost with a bite“, Nature 442, 146–147, 2006.

21. Vezi M.R. Smith şi J.-B. Caron, „Primitive soft-bodied cephalopods from the Cambrian“, Nature 465, 469–472, 2010; S. Bengtson, „A little Kraken wakes“, Nature 465, 427–428, 2010.

22. Vezi, de exemplu, Ma et al., „Complex brain and optic lobes in an early Cambrian arthropod“, Nature 490, 258–261, 2012. Acest lucru este, evident, controversat — unii cercetători sugerează că sistemul nervos reconstruit al Fuxianhuia este mai mult virtual decât real şi rezultă mai curând din halourile bacteriene rămase în urma descompunerii organelor interne. Vezi Liu et al., „Microbial decay analysis challenges interpretation of putative organ systems in Cambrian fuxianhuiids“, Proceedings of the Royal Society of London B, 285: 20180051. http://dex.doi.org/10.1098/rspb.2018.005.

23. Pentru o perspectivă nuanţată a tranziţiei dintre Ediacaran şi Cambrian, vezi Wood et al., „Integrated records of environmental change and evolution challenge the Cambrian Explosion“, Nature Ecology & Evolution 3, 528–538, 2019.

24. Deşi ar trebui să adăugăm că multe tipuri de animale cunoscute astăzi au arhive fosile care sunt fie insuficiente, fie lipsesc cu desăvârşire. Multe dintre acestea vor fi fost paraziţi cu corp moale. Arhiva fosilă a nematopodelor, sau viermii rotunzi, este aproape (dar nu complet) goală. Nu există niciun fel de urme cu privire la teniile fosile.

3. APARE COLOANA VERTEBRALĂ

1. Vezi Han et al., „Meiofaunal deuterostomes from the basal Cambrian of Shaanxi (China)“, Nature 542, 228–231, 2017. Deşi Saccorhytus este real, anatomia sa internă descrisă aici este complet ipotetică şi o mare parte din istoria timpurie a vertebratelor este un subiect de discuţie. Una dintre cele mai controversate chestiuni este dacă ciudatele animale cunoscute sub numele de

vetulicolieni — le vom întâlni puţin mai târziu — aveau notocord. Pentru povestea completă, inclusiv toate obiecţiile, vă invit să citiţi cartea mea Across the Bridge: Understanding the Origin of the Vertebrates (Chicago: University of Chicago Press, 2018).

2. Vezi Shu et al., „Primitive deuterostomes from the Chengjiang Lagerstätte (Lower Cambrian, China)“, Nature 414, 419–424, 2001, la care am reacţionat într-un comentariu însoţitor: H. Gee, „On being vetulicolian“, Nature 414, 407–409, 2001.

3. Am văzut asta realizată frumos la Muzeul de Istorie Naturală din Shanghai, într-o dioramă animată 3–D care a adus la viaţă Biota Chengjiang din sudul Chinei în Cambrian. Printre multe alte minuni, ea înfăţişa un banc de vetulicolieni zburând prin apă.

4. Aceasta este interpretarea preferată de Chen et al. („A possible early Cambrian chordate“, Nature 377, 720–722, 1995; „An early Cambrian craniate-like chordate“, Nature 402, 518–522, 1999), deşi sunt posibile şi alte interpretări, după cum este adesea cazul fosilelor ciudate şi vechi. Vezi, de exemplu, Shu et al., „Reinterpretation of Yunnanozoon as the earliest known hemichordate“, Nature 380, 428–430, 1996.

5. Vezi S. Conway Morris şi J.-B. Caron, „Pikaia gracilens Walcott, a stem-group chordate from the Middle Cambrian of British Columbia“, Biological Reviews, 87, 480–512, 2012.

6. Shu et al., „A Pikaia-like chordate from the Lower Cambrian of China“, Nature 384, 157–158, 1996.

7. Faptul că forma corpului vertebrat a fost, în esenţă, o alianţă dificilă între două zone foarte diferite — un faringe pentru hrănire şi o coadă pentru mişcare — a fost înţeles de Alfred Sherwood Romer într-o lucrare dificilă, dar vizionară, „The vertebrate as a dual animal — somatic and visceral“, Evolutionary Biology 6, 121–156, 1972.

8. Chen et al., „The first tunicate from the Early Cambrian of China“, Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 100, 8314–8318, 2003. Tunicatele rămân un grup de animale trecute cu vederea, dar de foarte mare succes până în ziua de azi. Unele s-au abătut de la ciclul de viaţă descris în text. La unele specii, larva devine matură în timp ce este

încă mobilă. Acestea, salpele și larvaceii au devenit importante în ecologia oceanelor. Larvaceii pot fi mici, dar fiecare își construiește din mucus o „casă“ complicată; aceste structuri remarcabil de complexe sunt părți importante ale ciclului oceanic al carbonului. Fragilitatea lor și faptul că sunt amplasate în locuri greu accesibile au reprezentat provocări imense pentru a ne forma o idee despre ele, lucru care abia recent a devenit posibil (vezi Katija et al., „Revealing enigmatic mucus structures in the deep sea using DeepPIV“, Nature 583, 78–82, 2002). Însă alte tunicate au devenit coloniale, sute sau mii de indivizi contopiți într-un singur superorganism, fie ancorat într-un loc, fie plutind în apă. Pirozomii, de pildă, formează colonii uriașe, plutitoare, în formă de trompetă. Deși fiecare individ este minuscul, colonia poate fi suficient de mare pentru ca scafandrii să înoate în interiorul ei. Unele tunicate se pot reproduce asexuat, prin înmugurire. Altele au o viață sexuală foarte complexă. Viața unei tunicate este un lung și liber paradis marin.

9. Mă rog, aproape toate. Unele tunicate au devenit carnivore, un mod de viață pe care, oricât ar părea de nepotrivit, unele creaturi îl găsesc tentant. Toată lumea știe că există plante carnivore. Și, tocmai când te gândeai că te poți întoarce în cadă în deplină siguranță, uite că există și bureți carnivori (J. Vacelet și N. Boury-Esnault, „Carnivorous sponges“, Nature 373, 333–335, 1995.)

10. Cu excepția pisicilor.

11. La pești (adică la vertebratele acvatice), acesta este linia laterală. La vertebratele terestre (adică la tetrapode), el a fost redus la sistemul vestibular al urechii interne ale cărui mișcări ne oferă axa verticală și simțul de orientare în mediu.

12. S. Conway Morris și J.-B. Caron, „A primitive fish from Cambrian of North America“, Nature 512, 419–422, 2014.

13. Shu et al., „Lower Cambrian vertebrates from south China“, Nature 402, 42–46, 1999.

14. Transformarea dintr-un faringe filtrant într-un set de branhii ar putea părea drastică, și așa și este. Cu toate acestea, ea e realizată chiar și în prezent de o vertebrată — larva de lamprea. Larva, numită amocoetă, își petrece viața asemenea unui amfiox, îngropată cu coada în sediment. În final, ea se metamorfozează și faringele filtrant se transformă în faringele prădătorului adult.

Lampreele, ca și verii lor, mixinele (care, după câte se știe, nu au stadii larvare de hrănire prin filtrare), se aseamănă cu primii peștii prin aceea că au un corp complet moale, susținut de un notocord elastic, și nu au fălci. Gurile lor sunt pline de dinți făcuți dintr-o substanță cornoasă. Lampreele și mixinele sunt prădători notorii, dovedind că absența fălcilor nu reprezintă o barieră pentru a trăi ca vânător.

15. Cum de-au ajuns vertebratele atât de mari, și mai ales mecanismul care a provocat această creștere, este un mister. Există două răspunsuri posibile, care nu se exclud reciproc. Primul este că, la un moment dat în genealogia vertebratelor, genomul (totalitatea materialului genetic) a fost duplicat, și apoi duplicat din nou. Deși multe dintre genele duplicate s-au pierdut ulterior, vertebratele au de două ori mai multe gene decât nevertebratele. Al doilea este că vertebratele embrionare au un țesut numit „creastă neurală“. Aceasta constă dintr-un grup de celule care migrează de la sistemul nervos central în curs de dezvoltare și se răspândesc în corp, transformând — parcă cu praf magic de zâne — în ceva nou părți altfel banale ale corpului. Fără creasta neurală, vertebratele nu ar avea piele, față, ochi sau urechi. Creasta neurală creează de asemenea o lungă listă de alte lucruri, de la glandele suprarenale până la părți ale inimii. E posibil ca această creștere în complexitate provocată de creasta neurală să fi condus la dimensiunea mare (vezi Green et al., „Evolution of vertebrates as viewed from the crest“, Nature 520, 474–482, 2015). Amfioxul este remarcabil pentru absența crestei neurale, deși există indicii ale acesteia la tunicate (vezi Horie et al., „Shared evolutionary origin of vertebrate neural crest and cranial placodes“, Nature 560, 228–232, 2018; Abitua et al., „Identification of a rudimentary neural crest in a non-vertebrate chordate“, Nature 492, 104–107, 2012).

16. Cel mai mare nevertebrat cunoscut este calamarul colosal (Mesonychoteuthis hamiltoni), considerat a avea o greutate de aproximativ 750 de kilograme, comparabilă cu cea a unui urs mare. Cel mai mic nevertebrat cunoscut, în ceea ce privește lungimea, este, probabil, Paedophryne amauensis, o broscuță din Noua Guinee care măsoară în jur de 7,7 milimetri, deși greutatea ei nu e cunoscută. Din punct de vedere al greutății, cele mai mici mamifere sunt chițcanul pitic cu dinți albi Suncus etruscans (mai puțin de 2,6 grame) și liliacul-bondar Craseonycteris thonglongyai (mai puțin de două grame). Ar fi nevoie de 375 000 de lilieci-bondar pentru a cântări cât un calamar colosal.

17. Pentru o introducere în registrul fosil al vertebratelor timpurii, vezi P. Janvier, „Facts and fancies about early fossil chordates and vertebrates“,

Nature 520, 483–489, 2015.

18. Mă rog, aproape. Unele animale asemănătoare cu scoicile, numite brahiopode, au cochilii din fosfat de calciu. Și chiar și astăzi vertebratele au anumite țesuturi care sunt întărite cu carbonat de calciu — acestea sunt „otoliții“ sau „pietrele urechii“, întâlniți în urechile peștilor și în urechea noastră internă, unde ajută la simțul echilibrului.

19. Nu se știe de ce vertebratele au ales fosfatul de calciu în locul carbonatului de calciu. Cu toate acestea, fosfatul este un nutrient vital care, spre deosebire de omniprezentul carbon, se găsește uneori în cantități mici în mare. S-ar putea ca vertebratele să fi folosit carbonat de calciu atât ca pe un depozit de fosfat, cât și ca pe un mijloc de apărare. Fosfatul este un ingredient esențial al materialului genetic, ADN-ul. Animalele mari, cu metabolism rapid — precum vertebratele — au nevoie de un mai mare acces la fosfat decât cele mai mici, mai relaxate, iar asta s-ar putea să fi determinat folosirea fosfatului de calciu — atât ca depozit, cât și ca armură.

20. Vezi A.S. Romer, „Eurypterid influence on vertebrate history“, Science 78, 114–117, 1933.

21. Vezi Braddy et al., „Giant claw reveals the largest ever arthropod“, Biology Letters 4, doi/10.1098/rsbl.2007.0491, 2007. Este terifiant să te gândești că Jaekelopterus a avut rude care veneau uneori pe uscat și umblau după pradă prin pădurile întunecate ale acelei epoci ciudate: vezi M. White, „A Gigantic fossil arthropod trackway“, Nature 438, 576, 2005.

22. Vezi M.H. Wilson și M.W. Caldwell, „New Silurian and Devonian fork-tailed «thelodonts» are jawless vertebrates with stomachs and deep bodies“, Nature 361, 442–444, 1993.

23. Există o malformație congenitală rară, numită ciclopie, în care fața are un singur ochi median, nu există nas, iar creierul nu este împărțit în emisfere, dreaptă și stângă. Fetușii cu acest defect se nasc aproape întotdeauna morți și, dacă nu se întâmplă așa, nu supraviețuiesc mai mult de câteva ore. Această situație dureroasă este rezultatul incapacității creierului de a se diviza în două jumătăți și a feței de a se lăți, și s-ar putea să fie ceva ce s-a păstrat din stadiile timpurii ale evoluției faciale.

24. Gai et al., „Fossil jawless fish from China foreshadows early jawed

vertebrate anatomy“, Nature 476, 324–327, 2011.

25. Pentru un ghid util privind evoluția timpurie a vertebratelor cu fălci, vezi M.D. Brazeau și M. Friedman, „The origin and early phylogenetic history of jawed vertebrates“, Nature 520, 490–497, 2015.

26. Vertebratele cu fălci, așadar, au două perechi de aripioare pereche, patru aripioare în total, strămoșii brațelor și picioarelor noastre. Nu se știe de ce noi avem două perechi în loc de trei sau patru sau chiar deloc. Aripioarele pereche se adaugă aripioarelor mediane nepereche, precum aripioarele dorsală, anală și caudală întâlnite la mulți pești.

27. Or fi fost placodermii fără dinți, dar în dormitor nu au fost leneși. Există numeroase dovezi fosile că placodermii aveau fertilizare internă și chiar nășteau pui vii, așa cum o fac astăzi unele specii de rechini. Vezi, de exemplu, J.A. Long et al., „Copulation in antiarch placoderms and the origin of gnathostome internal fertilization“, Nature 517, 196–199, 2015.

28. Asta nu înseamnă că evoluția mergea înapoi, ci doar că o mare parte din istoria placodermilor rămâne să fie descoperită și zace probabil, încă netulburată, în rocile Silurianului timpuriu. Același lucru e valabil și pentru peștii osoși timpurii, descoperiți în aceleași depozite siluriene din sudul Chinei. Pentru detalii despre Entelognathus, vezi M. Zhu et al., „A Silurian placoderm with osteichthyan-like marginal jaw bones“, Nature 502, 188–193, 2013; și M. Friedman și M.D. Brazeau, „A jaw-dropping fossil fish“, Nature 502, 175–177, 2013.

29. Mă rog, aproape toți. Până și un pește osos atât de avansat, precum celacantul, își păstrează notocordul pe toată durata vieții, de parcă ar fi o lampree sau o mixină.

30. Cutiile craniene cartilaginoase ale acantodienilor s-au păstrat extrem de rar. Cu toate acestea, se știu destul de multe despre craniile formei devoniene Ptomachantus și ale formei permiene Acanthodes pentru a demonstra existența unei legături cu rechinii. Vezi M.D. Brazeau, „The braincase and jaws of a Devonian «acanthodian» and modern gnathostome origins“, Nature 457, 305–308, 2009; și S.P. Davis et al., „Acanthodes and shark-like conditions in the last common ancestor of modern gnathostomes“, Nature 486, 247–250, 2012).

31. Zhu et al., „The oldest articulated osteichthyan reveals mosaic gnathostome

characters“, Nature 458, 469–474, 2009.

4. INVAZIA USCATULUI

1. Vezi Strother et al., „Earth’s earliest non-marine eukaryotes“, Nature 473, 505–509, 2011.

2. Vezi G. Retallack, „Ediacaran life on land“, Nature 493, 89–92, 2013.

3. În ceea ce este astăzi estul Americii de Nord.

4. Dâra se numește Climactichnites — creatorul său, probabil ceva asemănător cu un melc gigant. Vezi P.R. Getty și J.W. Hagadorn, „Palaeobiology of the Climactichnites tracemaker“, Paleontology 52, 753–778, 2009.

5. Pentru o bună prezentare generală a istoriei timpurii a vieții pe uscat, vezi W.A. Shear, „The early development of terrestrial ecosystems“ (Nature 351, 283–289, 1991).

6. Acesta a fost Marele Eveniment de Biodiversificare Ordoviciană (MEBO). Pentru o introducere în această perioadă fecundă din istoria vieții, vezi T. Servais și D.T. Harper, „The Great Ordovician Biodiversification Event (GOBE): definition, concept and duration“, Lethaia 51, 151–164, 2018.

7. Vezi Simon et al., „Origin and diversification of endomycorrhizal fungi and coincidence with vascular land plants“, Nature 363, 67–69, 1993.

8. Pentru o excelentă și foarte detaliată descriere a plantelor din pădurile cele mai vechi, vezi Carboniferous Giants and Mass Extinction: The Late Paleozoic Ice Age World de George R. McGhee, Jr. (New York: Columbia University Press, 2018).

9. Vezi Stein et al., „Giant cladoxylopsid trees resolve the enigma of the Earth’s earliest forest stumps at Gilboa“, Nature 446, 904–907, 2007.

10. Acest lucru este complet speculativ. Dar, dat fiind că placodermii avansați și

chiar unii membri ai grupurilor moderne de peşti apăruseră în Silurian, s-ar putea ca asta să nu fie o exagerare prea mare.

11. Vezi Zhu et al., „Earliest known coelacanth skull extends the range of anatomically modern coelacanths to the Early Devonian“, Nature Communications 3, 772, 2012.

12. Vezi P.L. Forey, „Golden jubilee for the coelacanth Latimeria chalumnae“, Nature 336, 727–732, 1988.

13. Vezi Erdmann et al., „Indonesian «king of the sea» discovered“, Nature 395, 335, 1998.

14. Peştele australian dotat cu plămâni are cel mai mare genom dintre toate animalele cunoscute, de 14 ori mai mare decât al oamenilor. Deşi similar genoamelor tetrapodelor, el este plin de rămăşiţe adunate în timpul lungii sale istorii evolutive. Vezi Meyer et al., „Giant lungfish genome elucidates the conquest of the land by vertebrates“, Nature 590, 284–289, 2021.

15. Vezi Daeschler et al., „A Devonian tetrapod-like fish and the evolution of the tetrapod body plan“, Nature 440, 757–763, 2006.

16. Vezi Cloutier et al., „Elpistostege and the origin of the vertebrate hand“, Nature 579, 549–554, 2020.

17. Vezi Niedzwiedzki et al., „Tetrapod trackways from the early Middle Devonian period of Poland“, Nature 463, 43–48, 2010.

18. Sau măcar ca Ursula Andress în Dr. No.

19. Vezi Goedert et al., „Euryhaline ecology of early tertapods revealed by stable isotopes“, Nature 558, 68–72, 2018. Pare foarte ciudat să ne gândim la cele mai timpurii tetrapode — amfibieni, în principiu — ca apărând direct din mare, dat fiind că majoritatea amfibienilor cu care suntem obişnuiţi trăiesc în apă dulce. Cu toate acestea, destui amfibieni trăiesc în habitate uneori sărate, precum mlaştinile de mangrove, chiar şi în ziua de azi: vezi G.R. Hopkins şi E.D. Brodie, „Occurrence of amphibians in saline habitats: A Review and Evolutionary Perspective“, Herpetological Monographs 29, 1–27, 2015.

20. Vezi C.W. Stearn, „Effect of the Frasnian-Famennian extinction event on the

stromatoporoids“, Geology 15, 677–679, 1987.

21. Vezi P.E. Ahlberg, „Potential stem-tetrapod remains from the Devonian of Scat Craig, Morayshire, Scotland“, Zoological Journal of the Linnean Society of London 122, 99–141, 2008.

22. Vezi Ahlberg et al., „Ventastega curonica and the origin of tetrapod morphology“, Nature 453, 1199–1204, 2008.

23. Vezi O.A. Lebedev, [The first find of a Devonian tetrapod in USSR] Doklady Akad. Nauk. SSSR. 278: 1407–1413, 1984 (în rusă).

24. Vezi Beznosov et al., „Morphology of the earliest reconstructable tetrapod Parmastega aelidae“, Nature 574, 527–531, 2019; N.B. Fröbisch și F. Witzmann, „Early tetrapods had an eye on the land“, Nature 574, 494–495, 2019.

25. Vezi Ahlberg et al., „The axial skeleton of the Devonian tetrapod Ichthyostega“, Nature 437, 137–140, 2005.

26. „Fish-like gills and breathing in the earliest known tetrapod“, Nature 352, 234–236, 1991.

27. Vezi Daeschler et al., „A Devonian Tetrapod from North America“, Science 265, 639–642, 1994.

28. Vezi M.I. Coates și J.A. Clack, „Polydactyly in the earliest known tetrapod limbs“, Nature 347, 66–69, 1990.

29. Vezi Clack et al., „Phylogenetic and environmental context of a Tournaisian tetrapod fauna“, Nature Ecology & Evolution 1, 0002, 2016.

30. Vezi J.A. Clack, „A new Early Carboniferous tetrapod with a mélange of crown-group characters“, Nature 394, 66–69, 1998.

31. Vezi T.R. Smithson, „The earliest known reptile“, Nature 342, 676–678, 1989; T.R. Smithson și W.D.I. Rolfe, „Westlothiana gen. nov.: naming the earliest known reptile“, Scottish Journal of Geology 26, 137–138, 1990.

5. RIDICAȚI-VĂ, AMNIOTE

1. Vezi Yao et al., „Global microbial carbonate profileration after the end-Devonian mass extinction: mainly controlled by demise of skeletal bioconstructors“, Scientific Reports 6, 39694, 2016.

2. Vezi J.A. Clack, „An early tetrapod from Romer’s Gap, Nature 418, 72–76, 2002.

3. Vezi Clack et al., „Phylogenetic and environmental context of a Tournaisian tetrapod fauna“, Nature Ecology & Evolution 1, 0002, 2016.

4. Vezi Smithson et al., „Earliest Carboniferous tetrapod and arthropod faunas from Scotland populate Romer’s Gap“, Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America, 109, 4532–4537, 2012.

5. Vezi Pardo et al., „Hidden morphological diversity among early tetrapods“, Nature 546, 642–645, 2017.

6. Ba chiar foarte încet — s-ar putea să fi durat câțiva ani.

7. Acele insecte care par să aibă o singură pereche de aripi au o a doua pereche într-o formă deghizată. La gândaci, perechea de aripi din față s-a transformat în acoperitoare dure ale aripilor. La muște, a doua pereche de aripi s-a redus la o pereche de organe minuscule ce se rotesc rapid și servesc ca giroscoape, fiind responsabile pentru legendara lor maniabilitate și explicând de ce sunt atât de greu de lovit cu ziarul făcut sul.

8. Vezi A. Ross, „Insect Evolution: the Origin of Wings“, Current Biology 27, R103–R122, 2016. Din păcate, paleodictiopterele nu mai există — ele au dispărut la sfârșitul Permianului, odată cu pădurile care le hrăneau.

9. Pentru descrierile vii și detaliate ale vieții în marile păduri de cărbune îi sunt îndatorat cărții lui George McGhee, Jr., The Carboniferous Giants and Mass Extinction (Columbia University Press, 2018).

10. O perspectivă dramatică asupra vieții în Carboniferul timpuriu, chiar la începuturile marilor păduri de cărbune, provine dintr-o carieră de calcar din East

Kirkton, lângă Edinburgh, Scoția. Cu aproximativ 330 de milioane de ani în urmă, se afla aproape de Ecuator și a păstrat uluitoare fosile de amfibieni timpuri, amniote (și rudele lor apropiate), precum și artropode, de exemplu, milipede, scorpioni, cel mai vechi păianjen cosaș cunoscut, și fragmente de eurypteride gigant. Comoara a fost un efect al condițiilor geologice neobișnuite: zona a fost activă din punct de vedere geologic, cu izvoare termale — care trebuie să fi fost ostile vieții acvatice — și, în apropiere, cu vulcani activi care, din când în când, acopereau totul cu cenușă fierbinte. În același timp, exista foarte mult noroi negru, moale și lipsit de oxigen în care creaturile puteau fi conservate aproape intacte. Nu existau pești. Pentru geologie și o trecere în revistă vezi Wood et al., „A terrestrial fauna from the Scottish Lower Carboniferous“, Nature 314, 355–356, 1985; A.R. Milner, „Scottish window on terrestrial life in the early Carboniferous“, Nature 314, 320–321, 1985). În afară de cvasi-amniota Westlothiana și multe alte forme, East Kirkton a scos la iveală un bafetid — un membru al unui grup de animale care nu era nici amniot, nici amfibian, ilustrând faptul că, la vremea aceea, era greu, doar privindu-l, să-ți dai seama care creatură aparținea cărui grup. Și nu știm care dintre ele depunea ouă și de ce fel, sau dacă a existat vreo formă intermediară între oul amfibian și oul amniot. Acea creatură a fost numită, cu referire la mediu său, Eucritta melanolimnetes — Creatura din Laguna Neagră (J.A. Clack, „A new early Carboniferous tetrapod with a mélange of crown-group characters“, Nature 394, 66–69, 1998).

11. Deși m-am aventurat în speculații aici, amfibienii moderni au adoptat toate aceste strategii și multe altele, așa că este rezonabil să sugerăm că rudele lor dispărute au procedat cam la fel.

12. Noi, oamenii, nu depunem ouă, dar păstrăm diverse membrane, inclusiv amniosul. Acesta este sacul în care se dezvoltă fetusul. Când o viitoare mamă anunță că „i s-a rupt apa“, asta înseamnă ruptura sacului amniotic, eveniment care este urmat în scurtă vreme de eclozare. Sau, în cazul nostru, de naștere.

13. Chiar și cojile ouălor de dinozauri aveau aspect de piele; la fel și cele mai mari ouă fosile cunoscute, probabil depuse de o reptilă marină. Vezi Norell et al., „The first finosaur egg was soft“, Nature doi.org/10.1038/s41586–020–2412–8, 2020; Legendre et al., „A giant soft-shelled egg from the Late Cretaceous of Antarctica“, Nature doi.org/10.1038/s41586–020–2377–7, 2020; J. Lindgren și B.P. Kear, „Hard evidence from soft fossil eggs“, Nature doi.org/10.1038/s41586–020–01732–8, 2020.

14. Pentru mult mai multe detalii despre formarea supercontinentului Pangeea şi consecinţele acestei formări, mai ales colapsul aproape total al vieţii la sfârşitul Permianului, vezi cartea lui Ted Nield Supercontinent (London: Granta, 2007) şi cea a lui Michael J. Benton When Life Nearly Died (London: Thames & Hudson, 2003).

15. Vezi Sahney et al., „Rainforest Collapse triggered Carboniferous tetrapod diversification in Euramerica“, Geology 38, 1079–1082, 2010.

16. Vezi M. Laurin şi R. Reisz, „Tetraceratops is the earliest known therapsid“, Nature 345, 249–250, 1990.

17. Complet distincte de „teropside“.

18. Coloanele de magmă sunt diferite de coliziunile obişnuite produse de către deriva continentală. Ele apar din adâncurile Pământului, acolo unde mantaua întâlneşte nucleul. Anomaliile termice locale fac ca magma să se ridice până când întâlneşte scoarţa pe care o topeşte. Câteva caracteristici notabile ale Pământului din ziua de azi sunt provocate de coloanele de magmă, de pildă în Islanda (unde coloana se întâmplă să coincidă cu un centru de emisie a magmei aflat în mijlocul oceanului) şi Hawaii (unde coloana a ieşit la suprafaţă în centrul unei plăci tectonice). Coloanele dăinuie milioane de ani, dar nu sunt întotdeauna active. Asta înseamnă că o coloană statică aflată sub o placă tectonică în mişcare poate crea un lanţ de insule cu vârste din ce în ce mai mari — precum acul unei maşini de cusut care creează un lanţ de cusături într-o bucată de material aflat în mişcare. De exemplu, Placa Pacificului s-a mişcat încet către nord-vest peste manta creând un lanţ de insule care sunt tot mai vechi pe măsură ce te îndepărtezi de punctul fierbinte al coloanei. Asta înseamnă că Marea Insulă din Hawaii, din capătul sud-estic al lanţului, stă perpendicular pe coloană şi este încă activă din punct de vedere vulcanic; vulcanii din insulele din nord-vest, precum Maui şi Oahu, sunt adormiţi sau stinşi, iar insulele devin din ce în ce mai mici şi mai erodate pe măsură ce ne îndepărtăm şi mai mult către nord-vest, pentru a sfârşi sub forma unor mici atoli, precum Laysan şi Midway, la extremităţi. Aceste ultime insule au fost cândva la fel de mari şi de spectaculoase ca insula Hawaii însăşi, dar placa în mişcare, întâlnind coloana, îşi continuă drumul, lăsând timpul şi clima să deterioreze dovezile trecerii sale. Insula Mare se va dezintegra lent, pe măsură ce placa alunecă în continuare spre nord-vest, iar activitatea vulcanică se va concentra în muntele submarin Lo’ihi, care se ridică la 975 de metri deasupra valurilor, în apropiere de ţărmul sud-estic al Insulei

Mari.

19. Acesta este fenomenul cunoscut sub numele de „albirea coralilor“, observabil astăzi ca o consecinţă a concentraţiei actuale crescute a bioxidului de carbon din atmosferă.

20. Toate recifele moderne de corali sunt constituite dintr-un alt gen de coral pietros care s-a dezvoltat în Triasic. Coralii rugoşi şi netezi — diversitatea lor şi diversitatea pe care au susţinut-o — nu sunt decât amintiri fosilizate.

21. Grasby et al., „Toxic mercury pulses into late Permian terrestrial and marine environments“, Geology doi.org/10.1130/G47295.1, 2020.

22. Stelele-de-mare cu pene sunt formele libere ale crinilor-de-mare (crinoidelor) întâlniți astăzi mai ales la adâncimi mari.

23. Povestea lui Miocidaris, ultimul gen de arici-de-mare, este spusă de Erwin în „The Permo-Triassic Extinction“, Nature 367, 231–236, 1994.

6. TRIASIC PARK

1. Dinozaurii, care au apărut către sfârşitul Triasicului, ţin mereu capul de afiş în orice discuţie despre viaţa preistorică. E păcat, deoarece, cu excepţia mărimii brute, gama de forme reptiliene care au trăit în Triasic a fost egala dinozaurilor în ceea ce priveşte diversitatea şi, din perspectiva noastră, stranietatea. Acest lucru se reflectă în faptul că există o puzderie de cărţi despre dinozauri, însă lucrările despre Triasic sunt mult mai rare. Mă refer în special la excelentul tratat al lui Nicholas Fraser, ilustrat de Douglas Henderson, care este foarte greu de găsit în momentul de faţă, şi al cărui titlu, Life In The Triassic, a trebuit să fie alungat în subtitlu, astfel încât să poată fi anunţat, în mod incitant, ca Dawn of the Dinosaurs (Bloomington: Indiana University Press, 2006). Eu am făcut rost de un exemplar la mâna a doua; fusese scos din biblioteca publică din Pinellas Park, Florida. Pun pariu că aceasta are şi acum rafturi întregi care gem de cărţi despre dinozauri.

2. Vezi Li et al., „An ancestral turtle from the Late Triassic of Southwestern

China“, Nature 456, 497–501, 2008; Reisz și Head, „Turtle origins out the sea“, Nature 456, 450–451, 2008.

3. Vezi R. Schoch și H.-D. Sues, „A Middle Triassic stem-turtle and the evolution of the turtle body plan“, Nature 523, 584–587, 2015. O reevaluare recentă avansează ideea că Pappochelys este mai probabil să fi fost un animal care își avea vizuina pe uscat decât un înotător în mare: vezi Schoch et al., „Microanatomy of the stem-turtle Pappochelys rosinae indicates a predominantly fossorial mode of life and clarifies early steps in the evolution of the shell“, Scientific Reports 9, 10430, 2019.

4. Vezi Li et al., „A Triassic stem turtle with an edentulous beak“, Nature 560, 476–479, 2018.

5. Vezi Neenan et al., „European origin of placodont marine reptiles and the evolution of crushing dentition in Placodontia“, Nature Communications 4, 1621, 2013.

6. Dacă sunteți de părere că inventez asta, aveți doar parțial dreptate. Anatomia drepanozaurilor sfidează descrierea. Ei au fost considerați înotători, cățărători în copaci cu cozi prehensile, animale de vizuină — și, cu craniile lor neobișnuite asemănătoare cu ale păsărilor, rude timpurii ale acestora.

7. Vezi, de exemplu, Chen et al., „A small short-necked hupehsuchian from the Lower Triassic of Hubei Province, China“, PLoS ONE 9, e115244, 2014.

8. Vezi E.L. Nicholls și M. Manabe, „Giant ichthyosaurus of the Triassic — a new species of Shonisaurus from the Pardonet Formation“ (Norian: Late Triassic) of British Columbia“, Journal of Vertebrate Paleontology 24, 838–849, 2004.

9. Vezi Simões et al., „The origin of squamates revealed by a Middle Triassic lizard from the Italian Alps“, Nature 557, 706–709, 2018.

10. Vezi Caldwell et al., „The oldest known snakes from the Middle Jurassic-Lower Cretaceous provide insights on snake evolution“, Nature Communications 6, 5996, 2015.

11. Vezi M.W. Caldwell și M.S.Y. Lee, „A snake with legs from the marine Cretaceous of the Middle East“, Nature 386, 705–709, 1997.

12. Vezi S. Apesteguía și H. Zaher, „A Cretaceous terrestrial snake with robust hindlimbs and a sacrum“, Nature 440, 1037–1040, 2006.

13. Strămoșul comun al dinozaurilor și pterozaurilor s-ar putea să fi fost un animal mai degrabă mic, ceea ce ar putea explica tendința, întâlnită la ambele grupuri, de a avea sânge cald și a fi pufoși. Vezi Kammerer et al., „A tiny ornithodiran archosaur from the Triassic of Madagascar and the role of miniaturization in dinosaur and pterosaur ancestry“, Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America doi.org/10.1073/pnas.1916631117, 2020. Cu toate acestea, descoperirea rădăcinilor filiației pterozaurilor în particular a fost o provocare. Primii pterozauri apar în arhiva fosilă pe deplin formați. Însă un indiciu despre ascendența lor se află în descoperirea unor arhozauri mici, bipezi, numiți lagerpetide. În mod evident, acestea nu puteau zbura, dar au în comun detalii ale anatomiei creierului și articulațiilor lor exclusiv cu pterozaurii, sugerând că erau mai strâns înrudite cu pterozaurii decât cu alte animale. Vezi Ezcurra et al., „Enigmatic dinosaur precursors bridge the gap to the origin of Pterosauria“, Nature 588, 445–449, 2020; și K. Padian, „Closest relative found for pterosaurs, the first flying vertebrates“, Nature 588, 400–401, 2020.

14. Găsiți toate astea într-o lucrare minunată, scrisă de C.D. Bramwell și G.R. Whitfield, intitulată „Biomechanics of Pteranodon“, publicată inițial în 1984 în Philosophical Transactions of the Royal Society of London B, 267, http://doi.org/10.1098/rstb.1947.0007. Pe când eram student la Universitatea din Leeds, la începutul anilor 1980, profesorul meu, Robert McNeill Alexander, m-a introdus într-un proiect de cercetare despre reptilele zburătoare. Alexander era expertul numărul unu în biomecanică — știința mișcării animalelor —, așa că disertația mea a fost plină de aerodinamică: portanță, rezistență la înaintare, polari de glisare, ridicare în pantă și efect de sol. Alexander a fost cel care m-a trimis la lucrarea clasică a lui Bramwell și Whitfield.

15. Nici liliecii — singurele mamifere existente care mai degrabă zboară decât planează pur și simplu — nu au stern carenat, precum păsările.

16. Vezi S.J. Nesbitt et al., „The earliest bird-line archosaurs and the assembly of the dinosaur body plan“, Nature 544, 484–487, 2017.

17. Cel mai vechi silezaur a fost Asilisaurus, din Triasicul Mijlociu în Tanzania. Vezi Nesbitt et al., „Ecologically distinct dinosaurian sister group shows early

diversification of Ornithodira“, Nature 464, 95–98, 2010.

18. Vezi Sereno et al., „Primitive dinosaur skeleton from Argentina and the early evolution of Dinosauria“, Nature 361, 64–66, 1993.

7. DINOZAURI ÎN ZBOR

1. Pentru o analiză detaliată a biomecanicii implicate în tranziția de la mersul biped la zbor, vezi Allen et al., „Linking the evolution of body shape and locomotor biomechanics in bird-line archosaurs“, Nature 497, 104–107, 2013.

2. Vezi J.F. Bonaparte și R.A. Coria, „Un nuevo y gigantesco sauropodo titanosaurio de la Formacion Rio Limay (Albiano-Cenomaninano) de la Provincio del Neuquen, Argentina“, Ameghiniana 30, 271–282, 1993.

3. Vezi E.A. Coria și L. Salgado, „A new giant carnivorous dinosaur from the Cretaceous of Patagonia“, Nature 377, 224–226, 1995.

4. Pentru a trece la mai mult decât un mers agale, T. rex ar fi avut nevoie de membre posterioare imposibil de mari — mușchii extensori ai piciorului său ar fi trebuit să reprezinte 99 % din masa întregului animal —, iar numărul ăsta se referă la fiecare picior, nu la amândouă. Vezi J.R. Hutchinson și M. Garcia, „Tyrannosaurus was not a fast runner“, Nature 415, 1018–1021, 2002.

5. Vezi Erickson et al., „Bite-force estimation for Tyrannosaurus rex from tooth-marked bones“, Nature 382, 706–708, 1996; P.M. Gignac și G.M. Erickson „The biomechanics behind extreme osteophagy in Tyrannosaurus rex“, Scientific Reports 7, 2012, 2017.

6. S-au descoperit fecale fosilizate (coprolite) de dinozauri carnivori gigantici, cel mai probabil de Tyrannosaurus rex. Una dintre ele are 44 de centimetri lungime, 13 centimetri lățime și 16 centimetri înălțime și cântărește peste 7 kilograme, dintre care cam jumătate constau în fragmente de oase. Vezi Chin et al., „A king-sized theropod coprolite“, Nature 393, 680–682, 1998.

7. Vezi Schachner et al., „Unidirectional pulmonary airflow patterns in the

savannah monitor lizard“, Nature 506, 367–370, 2014.

8. Vezi, de exemplu, P. O’Connor şi L. Claessens, „Basic avian pulmonary design and flow-through ventilation in non-avian theropod dinosaurs“, Nature 436, 253–256, 2005, care explică felul cum sacii de aer au penetrat oasele lungi ale Majungatholus atopus, un dinozaur carnivor care a trăit în Madagascarul de astăzi.

9. Imaginaţi-vă un cub de zahăr care măsoară un centimetru pe fiecare latură. Volumul său va fi 1 x 1 x 1 = 1 centimetru cub. Un cub are şase feţe de suprafaţă egală, astfel încât suprafaţa cubului nostru de zahăr va fi 6 x 1 x 1 = 6 centimetri pătraţi, o proporţie de 6:1. Imaginaţi-vă acum un cub de zahăr care măsoară doi centimetri pe fiecare latură. Volumul a crescut la 2 X 2 x 2 = 8 centimetri cubi, dar suprafaţa va fi 6 x 2 x 2 = 24 de centimetri pătraţi, o proporţie de 24:8 sau 3:1. Pe scurt, dublând unitatea de mărime a unui cub, suprafaţa s-a înjumătăţit în raport cu volumul.

10. Gândiţi-vă: suprafaţa totală a unei fiinţe umane la exterior este între 1,5 şi 2 metri pătraţi, dar suprafaţa perechii de plămâni umani este între 50 şi 75 de metri pătraţi.

11. Acest fenomen, cunoscut sub numele de gigantotermie, a fost folosit pentru a explica felul cum animale mari şi aparent cu sânge rece, precum ţestoasele pieloase — care pot avea o greutate de peste 900 de kilograme — îşi pot menţine căldura chiar şi atunci când înoată în mări reci. Vezi Paladino et al., „Metabolism of leatherback turtles, gigantothermy, and the thermoregulation of dinosaurs“, Nature 344, 858–860, 1990.

12. Pentru o discuţie foarte profundă asupra acestui subiect, vezi Sander et al., „Biology of the sauropod dinosaurs: the evolution of gigantism“, Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society 86, 117–155, 20111.

13. Blana pterozaurilor ar putea fi, de fapt, tot o varietate de penaj: vezi Yang et al., „Pterosaur integumentary structures with complex feather-like branching“, Ecology & Evolution 3, 24–30, 2019.

14. Dacă nu penele, atunci părul sau, dacă duc o viaţă optimizată în mare, grăsimea. Mamiferele marine, cum ar fi balenele şi focile, au un strat gros de grăsime care izolează partea centrală şi prezintă o formă aerodinamică, netezind orice umflături şi denivelări. Se ştie că reptilele marine dispărute, cunoscute sub

numele de ihtiozauri, care semănau foarte mult cu delfinii moderni, aveau straturi de grăsime, probabil din aceleaşi motive. Vezi Lindgren et al., „Soft-tissue evidence for homeothermy and crypsis in a Jurassic ichthyosaur“, Nature 564, 359–365, 2018.

15. Vezi Zhang et al., „Fossilized melanosomes and the colour of Cretaceous dinosaurs and birds“, Nature 463, 1075–1078, 2010; Xu et al., „Exceptional dinosaur fossil show ontogenetic development of early feathers“, Nature 464, 1338–1341, 2010; Li et al., „Melanosome evolution indicates a key physiological shift within feathered dinosaurs“, Nature 507, 350–353, 2014; Hu et al., „A bony-crested Jurassic dinosaur with evidence of iridescent plumage highlights complexity in early paravian evolution“, Nature Communications 9, 217, 2018.

16. Lucrurile stau altfel în mare, unde apa permite susţinerea unor corpuri mult mai voluminoase decât e posibil pe uscat şi este preferată viviparitatea, deoarece revenirea pe ţărm pentru a depune ouă, aşa cum fac ţestoasele, este extrem de riscantă. Asta poate explica de ce primele vertebrate cu fălci — placodermii — au fost vivipari, iar obiceiul se întâlneşte la mulţi peşti, de pildă, la rechini. Ihtiozaurii, amniotele care, în Triasic, s-au întors în mare şi au devenit foarte asemănători cu balenele, năşteau pui vii. Balenele însele sunt, desigur, vivipare, la fel ca aproape toate mamiferele şi au evoluat, ajungând cele mai mari animale cunoscute, eclipsându-i până şi pe dinozaurii cu dimensiunile cele mai impresionante.

17. Kayentatherium, din Jurasicul timpuriu în Arizona, a fost un tritilodont — un membru al unui grup de terapside târzii care a fost cât pe ce să devină mamifer, fără să ajungă efectiv la acel nivel. Deşi este foarte probabil să fi fost acoperit cu blană, aproape sigur depunea ouă. Kayentatherium putea avea cel puţin 38 de pui o dată — mult mai mulţi decât ar fi fost capabil orice alt mamifer. Vezi Hoffman şi Rowe, „Jurassic stem-mammal preinates and the origin of mammalian reproduction and growth“, Nature 561, 104–108 (2018).

18. Vezi Schweitzer et al., „Gender-specific reproductive tissue in ratites and Tyrannosaurus rex“, Science 308, 1456–1460, 2005; Schweitzer et al., „Chemistry supports the identification of gender-specific reproductive tissue in Tyrannosaurus rex“, Scientific Reports 6, 23099, 2016.

19. Vezi G.E. Erickson et al., „Gigantism and comparative life in history

parameters of tyrannosaurid dinosaurs“, Nature 430, 772–775 (2004).

20. La păsări, viviparitatea ar fi un impediment serios în calea zborului. Probabil că nu este o coincidență faptul că pterozaurii — verii zburători ai dinozaurilor — depuneau de asemenea ouă (vezi Ji et al., „Pterosaur egg with a leathery shell“, Nature 432, 572, 2004) și dezvoltau o izolație asemănătoare cu penele și un schelet foarte ușor.

21. Unele păsări de apă, cum ar fi lebedele și gâștele, își iau zborul astfel și, uitându-ne la eforturile pe care le depun, ne putem da seama că păsări doar cu puțin mai mari nu vor fi capabile să se ridice în aer în felul acesta. Tot așa funcționează și aeroplanele, chiar și fără să dea din aripi, și de aceea avioanele mari au motoare enorme, cu o putere incredibilă. E nevoie de foarte multă energie pentru a face un jumbo jet să decoleze. Evident, ori de câte ori vedem un avion de pasageri în zbor, știm că nicio fizică din lume nu ar putea ridica în aer o asemenea construcție enormă. Avioanele zboară doar fiindcă noi credem că pot s-o facă. Dacă am înceta să credem, ele ar cădea din cer. Asta e credința mea. Dar să nu spuneți nimănui. E micul nostru secret, da?

22. Tim White îmi reamintește că unele furnici fără aripi, deși foarte mici și care altminteri ar putea fi considerate aeroplancton în derivă, pot să planeze într-o anumită măsură. Vezi Yanoviak et al., „Aerial manoeuvrability in wingless gliding ants (Cephalotes atratus)“, Proceedings of the Royal Society of London B, 277, 2010, https://doi.org/10.1/rspb.2010.0170.

23. Vezi, de exemplu, Meng et al., „A Mesozoic gliding mammal from northeastern China“, Nature 444, 889–893, 2006.

24. Cu toate acestea, cei mai mici paraşutişti folosesc fire și peri în loc de membrane continue asemănătoare aripilor. Gândiți-vă la păianjenii care folosesc fire lungi pentru a se deplasa prin aer: sau la sămânța cu peri pe care, din timpuri imemoriale, tinerii nefericiți în dragoste au suflat-o din păpădie. Fiecare sămânță de păpădie poate fi dusă kilometri întregi cu o tulpină care se termină cu un smoc ce seamănă cu o perie de curățat hornul. În loc să încerce să prindă tot aerul sub el, smocul îi permite să treacă prin el și aici se produce magia. Curentul de aer ce trece prin smoc devine turbulent, formând un soi de inel de fum deasupra smocului. Acest inel, de forma unei gogoși turtite în părți, este o zonă de presiune scăzută, un ciclon în miniatură, un mic centru al furtunii. El absoarbe literalmente smocul în sus, încetinindu-i viteza de coborâre. Vezi

Cummins et al., „A separated vortex ring underlies the flight of the dandelion“, Nature 562,414–418, 2018.

25. Primele etape ale paraşutismului antic au fost studiate la pisicile moderne din cel mai contemporan dintre habitatele sălbatice — Manhattan. Veterinarii din New York sunt obişnuiţi cu un tipar de leziuni ale felinelor, cunoscut sub numele de „sindromul înălţimii“, suferit de pisicile aventuroase care cad de la ferestre aflate la mare înălţime. În fiecare caz, veterinarii din New York au evaluat gravitatea leziunilor felinelor în raport cu înălţimea de la care căzuseră. Rănile tind să fie mai grave pe măsură ce creşte distanţa faţă de sol, dar se ajunge la un punct în care rănile pisicilor nu se mai agravează. Veterinarii citează cazul unei pisici care a căzut 32 de etaje şi s-a ales doar cu o rană uşoară la piept, un dinte rupt şi, evident, cu mândria rănită. Nu degeaba se spune că pisicile au nouă vieţi. Se pare că în timp ce cade, o pisică îşi relaxează muşchii şi îşi întinde labele în lateral, formând un fel de paraşută. Pisica poate suferi răni la labe şi la torace, cu toate astea fiind în stare să supravieţuiască. Vezi W.O. Whitney şi C.J. Mehlhaff, „High-rise syndrome in cats“, Journal of the American Veterinary Medical Association 192, p. 542, 1988.

26. Vezi F.E. Novas şi P.F. Puertat, „New evidence concerning avian origin from the Late Cretaceous of Patagonia“, Nature 387, 390–392, 1997.

27. Vezi Norell et al., „A nesting dinosaur“, Nature 378, 774–776, 1995.

28. Vezi, de exemplu, Xu et al., „A therizinosauroid dinosaur with integumentary structures from China“, Nature 399, 350–354, 1999, care descrie structuri asemănătoare penelor la Beipaiosaurus, unul dintre therizinozaurii foarte stranii. Aceştia au fost teropode foarte bizare, greoaie, care deveniseră erbivore şi erau la fel de aerodinamice ca un bloc de beton. Vezi şi Xu et al., „A gigantic bird-like dinosaur from the Late Cretaceous of China“, Nature 447, 844–847, 2007, despre Gigantoraptor, un monstru de 8 metri, 1 400 de kilograme care aparţinea oviraptorosauridelor, altminteri suple şi asemănătoare păsărilor. Această creatură ar fi fost cu siguranţă incapabilă să zboare — nu se ştie dacă avea pene.

29. Ken Dial de la Universitatea din Montana a studiat felul în care puii unui soi de potârniche, numită chukar, îşi folosesc aripile pentru a alerga în susul unor pante foarte abrupte, un gen de locomoţie numită „alergarea în pantă asistată de aripi“ — care i-ar fi fost utilă unui animal mic şi lipsit de apărare pentru a scăpa de prădători. Vezi Dial et al., „A fundamental avian wing-stroke provides a new

perspective on the evolution of flight“, Nature 451, 985–989, 2008.

30. Xu et al., „The smallest known non-avian theropod dinosaur“, Nature 408, 705–708, 2000; Dyke et al., „Aerodynamic performance of the feathered dinosaur Microraptor and the evolution of feathered flight“, Nature Communications 4, 2489, 2013.

31. Hu et al., „A pre-Archaeopteryx troödontid theropod, from China with long feathers on the metatarsus“, Nature 461, 640–643, 2009.

32. Vezi F. Zhang et al., „A bizarre Jurrasic maniraptoran from China with elongate, ribbon-like feathers“, Nature 455, 1105–1108, 2008.

33. Vezi Xu et al., „A bizarre Jurrasic maniraptoran theropod with preserved evidence of membraneous wings“, Nature 521, 70–73, 2015; și Wang et al., „A new Jurassic scansoriopterygid and the loss of membraneous wings in therapod dinosaurs“, Nature 569, 256–259, 2019.

34. Cu siguranță, nu există lilieci incapabili să zboare, deși liliecii mistacinizi din Noua Zeelandă trăiesc în majoritatea timpului pe sol. Cu excepţia unor reconstituiri posibile de pterozauri gigantici la fel de incapabili de zbor, nu există dovezi că ar fi existat pterozauri nezburători.

35. Vezi Field et al., „Complete Ichthyornis skull illuminates mosaic assembly of the avian head“, Nature 557, 96–100, 2018.

36. Vezi Altangerel et al., „Flightless bird from the Cretaceous of Mongolia“, Nature 362, 623–626, 1993, cu privire la descoperirea primei ciudățenii de felul acesta, Mononykus; și Chiappe et al., „The skull of a relative of the stem group-bird Mononykus“, Nature 392, 275–278, 1998, referitor la descoperirea alteia, Shvuuia, pentru a dovedi că prima nu fusese o întâmplare fericită.

37. Vezi Field et al., „Late Cretaceous neornithine from Europe illuminates the origins of crown birds“, Nature 579, 397–401, 2020, şi comentariul aferent al lui K. Padian, „Poultry through time“, Nature 579, 351–352, 2020. O altă pasăre din Cretacic care poate fi un reprezentant timpuriu al păsărilor de apă este Vegavis din Antarctica: vezi Clarke et al., „Definitive fossil evidence for an extant avian radiation in the Creataceous“, Nature 433, 305–308, 2005. Vegavis avea un sirinx bine dezvoltat (Clarke et al., „Fossil evidence of the avian vocal organ from the Mesozoic“, Nature 538, 502–505, 2016; P.M. O’Connor, „Ancient

avian aria from Antarctica“, Nature 538, 468–469, 2016), organul vocal distinct al păsărilor care produce tot, de la gâgâitul unei gâşte până la trilul privighetorilor care, spune legenda, poate fi auzit în Berkeley Square, dar numai atunci când îngerii cinează la Ritz.

38. Remarcați termenul „aproape“, fiindcă biologia își venerează excepțiile. Există cel puțin o dovadă a existenței unui dinozaur ceratopsian din Europa. Vezi, de exemplu, Ösi et al., „A Late Cretaceous ceratopsian dinosaur from Europe with Asian affinities“, Nature 465, 466–468, 2010; Xu, „Horned dinosaurs ventured abroad“, Nature 465, 431–432, 2010.

39. Vezi Sander et al., „Bone biology indicates insular dwarfism in a new Late Jurassic sauropod dinosaur“, Nature 441, 739–741, 2006.

40. Vezi Buckley et al., „A pug-nosed crocodyliform from the Late Cretaceous of Madagascar“, Nature 405, 941–944, 2000.

41. Vezi M.W. Frohlich și M.W. Chase, „After a dozen years of progress the origin of angiosperms is still a great mystery“, Nature 450, 1184–1189, 2007.

42. Vezi, de exemplu, Rosenstiel et al., „Sex-specific volatile compounds influence microarthropod-mediated fertilization of moss“, Nature 489, 431–433, 2012.

43. Ne gândim la Io și Europa, ambele luni ale lui Jupiter, dar altfel destul de diferite. Suprafața lui Io este în mod constant remodelată de activitatea vulcanică; cea a Europei, de gheața care se infiltrează dintr-un ocean subteran.

44. Vezi Bottke et al., „An asteroid breakup 160 Myr ago as the probable source of the K/T impactor“, Nature 449, 48–53, 2007; P. Claeys și S. Goderis, „Lethal billiards“, Nature 449, 30–31, 2007.

45. Vezi Collins et al., „A steeply inclined trajectory for the Chicxulub impact“, Nature Communications 11, 1480, 2020.

46. Ultimii ihtiozauri au pierit cu câteva milioane de ani mai devreme, evitând astfel tot iureșul și vacarmul apocaliptic.

47. Vezi Lowery et al., „Rapid recovery of life at ground zero of the end-Cretaceous mass-extinction“, Nature 558, 288–291, 208.

8. ACELE MAMIFERE MAGNIFICE

1. Vezi J.A. Clack, „Discovery of the earliest-known tetrapod stapes“, Nature 342, 425–427, 1989; A.L. Panchen, „Ears and vertebrate evolution“, Nature 342, 342–343, 1989; J.A. Clack, „Earliest known tetrapod braincase and the evolution of the stapes and fenestra ovalis“, Nature 369, 392–394, 1994. Urechea medie a rudei lui Acanthostega, Ichthyostega, pare să se fi transformat într-un soi de organ auditiv acvatic diferit de orice altceva întâlnit în evoluție (Clack et al., „A uniquely specialized ear in a very early tetrapod“, Nature 425, 65–69, 2003).

2. În timp ce spiraculul lăsa să intre și să iasă apa, făcând posibilă comunicarea între lumea exterioară și cavitatea bucală, timpanul a format o barieră, definind limitele exterioare ale urechii medii. Cu toate acestea, urechea medie a păstrat o legătură cu cavitatea bucală. Puteți simți asta de fiecare dată când înghițiți: acțiunea aduce la același nivel presiunea între urechea medie și lumea exterioară prin intermediul unei conexiuni numite trompa lui Eustachio. Din acest motiv, sunetul este neclar atunci când sunteți răciți. Trompa lui Eustachio se umple cu mucus, făcând dificilă egalizarea presiunii și, drept urmare, timpanul funcționează mai puțin eficient. Asta explică și de ce urechile ne dor atât de tare în timpul urcării și coborârii avionului. Chiar și într-o cabină presurizată, schimbările bruște de presiune atmosferică sunt suficiente pentru a pune timpanul sub tensiune, acesta fiind motivul pentru care e bine să înghițim, împingând aerul prin trompa lui Eustachio și îndepărtând orice blocaje. Suflatul nasului are același efect. La adulți, trompa lui Eustachio este înclinată în jos, de la urechea medie către spatele gâtului, astfel încât mucusul se scurge în mod natural. La copiii mici însă, trompa lui Eustachio este mai mult sau mai puțin orizontală. Copiii mici fiind așa cum sunt — vectori de contagiune adorabili și mucoși — mucusul este reținut în trompa lui Eustachio, ceea ce duce la un fenomen cunoscut sub numele de otită și care poate fi tratată făcând mici găuri în timpan. În timp, acestea se vindecă, iar copilul va crește fără probleme.

3. Dintre păsările cântătoare, masculul de pasăre-clopot albă (Procnias albus) din Amazonul brazilian scoate cele mai puternice sunete și face asta chiar lângă femela pe care intenționează s-o curteze. Nefericita aleasă este supusă unei presiuni sonore de 125 de decibeli. (J. Podos și M. Cohn-Haft, „Extremey loud

mating songs at close range in white bellbirds“, Current Biology foi.org/10.1016/j.cub. 2019.09.028, 2019). La oameni, această presiune este îndeajuns de puternică încât să fie dureroasă. Guinness Book of Records a indicat niveluri de presiune sonoră de 117 dB în timpul unui concert al trupei mele favorite, Deep Purple, la Rainbow Theatre din Londra în 1972, în timpul căruia trei spectatori au leşinat. Se pare că, de atunci încoace, recordul a fost doborât, dar cum Guinness Book of Records nu mai raportează astfel de chestii, majoritatea descrierilor ulterioare (de pildă, cei 136 de dB la un concert Kiss la Ottawa în 2009) sunt neoficiale. Cu toate acestea, având în vedere că decibelii cresc logaritmic, chemarea păsării-clopot este de aproape trei ori mai zgomotoasă decât concertul Deep Purple care-ţi face praf urechile. Îţi vine să te întrebi de ce femela suportă tot vacarmul ăla.

4. Ca referinţă, la pian, la-ul de deasupra do-ului central este în mod convenţional acordat la o frecvenţă de 440 de hertzi (HZ). Frecvenţa se dublează cu fiecare octavă, astfel încât la-ul cu o octavă deasupra este de 880 Hz; două octave, 1 760 Hz (sau 1,76 kilohertzi, kHz); trei octave, 3 520 Hz (3,52 kHz). După aceea, claviatura unui pian obişnuit se termină. Dacă ar mai exista încă un „la“, acesta ar fi de 7 040 Hz (7,04 kHz), o frecvenţă deasupra celor mai înalte note pe care majoritatea păsărilor le pot auzi în mod obişnuit. Copiii pot auzi tonuri de până la 20 de kHz, deşi sensibilitatea scade la maturitate. Mai ales la aceia dintre noi care şi-au petrecut tinereţea ascultând Deep Purple.

5. Numele mai puţin şlefuite ale acestor oase, care te duc cu gândul la un fierar cu mâinile bătătorite dintr-un roman de Thomas Hardy, merită să fie comentate puţin. La oameni, scăriţa seamănă foarte mult cu un cercel. Baza ei plată stă în „fereastra ovală“ care este portalul către urechea internă. Baza este suspendată pe doi dinţi ca de furcă, ce se unesc apoi precum un iadeş sau, mai degrabă, precum o scăriţă de călărie. Spaţiul dintre cei doi dinţi este străbătut de un vas de sânge, artera stapedială. Odată ce avem o scăriţă, e firesc să numim celelalte oase ciocanul şi nicovala, chiar dacă ele nu arată chiar ca omologii lor de fierărie. Scăriţa este cel mai mic os din corpul uman; ciocanul şi nicovala nu sunt mult mai mari. Împreună, aceste oase formează „oscioarele“ sau „oasele mici“ ale urechii medii.

6. Cel puţin aşa stau lucrurile în copilărie. Sensibilitatea la frecvenţele mai mari tinde să scadă odată cu vârsta, mai ales la aceia dintre noi care şi-au petrecut tinereţea ascultând, ăă, nu ştiu, Deep Purple.

7. Vezi H. Heffner, „Hearing in large and small dogs (Canis familiaris)“, Journal of the Acoustical Society of America 60, S88, 1976.

8. Vezi R.S. Heffner, „Primate hearing from a mammalian perspective“, The Anatomical Record 281A, 1111–1122, 2004.

9. Vezi K. Ralls, „Auditory sensitivity in mice: Peromyscus and Mus musculus“, Animal Behaviour 15, 123–128, 1967.

10. R.S. Heffner și H.E. Heffner, „Hearing range of the domestic cat“, Hearing Research 19, 85–88, 1985.

11. Vezi Kastelein et al., „Audiogram of a striped dolphin (Stenella coeruleoalba)“, Journal of the Acoustical Society of America 113, 1130, 2003.

12. Pentru un studiu comprehensiv recent al acestei remarcabile transformări şi multe altele despre istoria timpurie a mamiferelor, vezi Z.-X Luo, „Transformation and diversification in early mammal evolution“, Nature 450, 1011–1019, 2007.

13. Vezi Lautenschlager et al., „The role of miniaturization in the evolution of the mammalian jaw and middle ear“, Nature 561, 533–5367, 2018.

14. Aproape sigur avea mustăți. Existența blănii însă este ipotetică.

15. Vezi Jones et al., „Regionalization of the axial skeleton predates functional adaptation in the forerunners of mammals“, Nature Ecology & Evolution 4, 470–478, 2020.

16. O reconstrucție a urechii de Morganucodon sugerează că ar fi fost sensibil la sunete de până la 10 kHz. Vezi J.J. Rosowski și A.Graybeal, „What did Morganucodon hear?“, Zoological Journal of the Linnean Society 101, 131–168, 2008.

17. Vezi Gill et al., „Dietary specialization and diversity in feeding ecology of the earliest stem mammals“, Nature 512, 303–305, 2014.

18. Vezi E.A. Hoffman și T.B. Rowe, „Jurassic stem-mammal perinates and the origin of mammalian reproduction“, Nature 561, 104–108, 2018.

19. Vezi Hu et al., „Large Mesozoic mammals fed on young dinosaurs“, Nature 433, 149–152, 2005; A. Weil, „Living large in the Cretaceous“, Nature 433, 116–117, 2005.

20. Vezi Meng et al., „A Mesozoic gliding mammal from north-eatern China“, Nature 444, 889–893, 2006. Despre această creatură, Volaticotherium, din Jurasicul târziu din Mongolia Interioară, s-a descoperit ulterior că era un membru al unui grup numit triconodonți. Aceștia erau diferiți de haramiide, un grup de mamifere străvechi, care de asemenea s-au ridicat în aer; vezi, de exemplu, Meng et al., „New gliding mammaliaforms from the Jurassic“, Nature 548, 291–296, 2017; Han et al., „A Jurassic gliding euharamiyidan mammal with an ear of five auditory bones“, Nature 551, 451–456, 2017.

21. Vezi Ji et al., „A swimming mammaliaform from the Middle Jurassic and ecomorphological diversification of early mammmls“, Science 311, 1123–1127, 2006.

22. Vezi Krause et al., „First cranial remains of a gondwanatherian mammal reveal remarkable mosaicism“, Nature 515, 512–517, 2014; A. Weil, „A beast of the southern wild“, Nature 515, 495–496, 2014; Krause et al., „Skeleton of a Cretaceous mammal from Madagascar reflects long-term insularity“, Nature 581, 421–427, 2020.

23. Vezi, de exemplu, Luo et al., „Dual origin of tribosphenic mammals“, Nature 409, 53–57, 2001; A. Weil, „Relationships to chew over“, Nature 409, 28–31, 2001; Rauhut et al., „A Jurassic mammal from South America“, Nature 416, 165–168, 2002.

24. Vezi Bi et al., „An early Cretaceous eutherian and the placental-marsupial dichotomy“, Nature 558, 390–395, 2018; Luo et al., „A Jurassic eutherian mammal and divergence of marsupials and placentals“, Nature 476, 442–445, 2011; Ji et al., „The earliest known eutherian mammal“, Nature 416, 816–822, 2002.

25. Luo et al., „An Early Cretaceous tribosphenic mammal and metatherian evolution“, Science 302, 1934–1940, 2003.

26. Pantodonții și dinoceratele formau cândva un singur grup, amblipodele. Am descoperit asta pe când eram student și am fost atât de încântat de nume încât i-am dat telefon mamei chiar în ziua aceea ca să-i povestesc (am sunat-o dintr-o

cabină telefonică — telefoanele mobile nu erau foarte accesibile). I-am zis că a existat cândva un grup de erbivore mari, care se mişcau lent, cam ca rinocerii sau hipopotamii, şi că se numeau amblipode. „E drăguţ, iubitule“, mi-a răspuns mama, „poţi să ţi le imaginezi pur şi simplu, plimbându-şi agale turmele.“

27. Pentru un excelent ghid despre evoluţia mamiferelor, vezi D.R. Prothero, The Princeton Field Guide to Prehistoric Mammals (Princeton: Princeton University Press, 2017).

28. Vezi Head et al., „Giant boid snake from the Palaeocene neotropics reveals hotter past equatorial temperatures“, Nature 457, 715–717, 2009; M. Huber, „Snakes tell a torid tale“, Nature 457, 669–671, 2009.

29. Vezi Thewissen et al., „Skeletons of terrestrial cetaceans and the relationship of whales to artiodactyls“, Nature 413, 277–281, 2001; C. de Muizon, „Walking with Whales“, Nature 413, 259–260, 2001.

30. Vezi Thewissen et al., „Fossil evidence for the origin of aquatic locomotion in archaeocete whales“, Science 263, 210–212, 1994.

31. Vezi Gingerich et al., „Hind limbs of Eocene Basilosaurus: evidence of feet in whales“, Science 249, 154–157, 1990.

32. Pentru mai multe despre evoluţia balenelor, vezi J. G. M. „Hans“ Thewissen, The Walking Whales: From Land to Water in Eight Million Years (Oakland: University of California Press, 2014).

33. Vezi Madsen et al., „Parallel adaptive radiations in two major clades of placental mammals“, Nature 409, 610–614, 2001.

9. PLANETA MAIMUŢELOR

1. Cele mai primitive primate — prosimienii — includ actualii lemurieni (care trăiesc doar în Madagascar) şi alte câteva specii, precum galago şi tarsierele. Cele mai vechi tarsiere cunoscute au apărut acum 55 de milioane de ani, sugerând că antropoidele — grupul care include maimuţele, maimuţele mari şi

oamenii — existau de asemenea (vezi Ni et al., „The oldest known primate skeleton and early haplorhine evolution“, Nature 498, 60–63, 2013). Cei mai vechi reprezentanți cunoscuți ai antropoidelor, tot din Eocen, erau deja foarte diverși, sugerând o istorie lungă (vezi Gebo et al., „The oldest known anthropoid postcranial fossils and the early evolution of higher primates“, Nature 404, 276–278, 2000; Jaeger et al., „Late middle Eocene epoch of Libya yields earliest known radiation of African anthropoids“, Nature 467, 1095–1098, 2010). Până în Oligocen, acum cel puțin 25 de milioane de ani, antropoidele se împărțiseră în maimuțe și maimuțe mari (vezi Stevens et al., „Oligocene divergence between Old World monkeys and apes“, Nature 497, 611–614, 2013).

2. Unele ierburi tropicale au exploatat un mijloc de fotosinteză până acum puțin folosit, cunoscut de către biochimiști sub numele de „calea C4“. Puțin folosit, deoarece este mai elaborat decât „calea C3“ utilizată de majoritatea plantelor. Calea C4, totuși, folosește mai eficient bioxidul de carbon. Când bioxidul de carbon se găsește din abundență în atmosferă, utilizarea căii C4 este mai puțin relevantă. Însă plantele detectaseră, probabil, o schimbare pe termen lung în atmosfera Pământului; cu alte cuvinte, o scădere lentă, progresivă a cantității de bioxid de carbon. Vezi, de exemplu, C.P. Osborne și L. Sack, „Evolution of C4 plants: a new hypothesis for an interaction of CO2 and water relations mediated by plant hydraulics“, Philosophical Transactions of the Royal Society of London B 367, 583–600, 2012.

3. De Bonis et al., „New hominid skull material from the late Miocene of Macedonia in Northern Greece“, Nature 345, 712–714, 1990.

4. Vezi Alpagut et al., „A new specimen of Ankarapithecus meteai from the Sinap Formation of central Anatolia“, Nature 382, 349–351, 1996.

5. Vezi Suwa et al., „A new species of great ape from the Late Miocene epoch in Ethiopia“, Nature 448, 921–924, 2007.

6. Vezi Chaimanee et al., „A new orang-utan relative from the Late Miocene of Thailand“, Nature 427, 439–441, 2004.

7. Probabil cea mai mare maimuță antropoidă care a existat vreodată a fost Gigantopithecus, care a trăit în Asia de Sud-Est în Pleistocen. S-ar putea să fi fost de două ori mai mare decât o gorilă — deși e greu de estimat întrucât ea este cunoscută doar după dinți și fragmente de maxilar. Un studiu al proteinelor din

smalțul dinților arată că era înrudită cu urangutanii. Vezi Walker et al., „Enamel preteome shows that Gigantopithecus was an early diverging pongine“, Nature 576, 262–265, 2019.

8. Vezi Böhme et al., „A new Miocene ape and locomotion in the ancestor of great apes and humans“, Nature 575, 489–493, 2019, cu acest comentariu de Tracy L. Kivell „Fossil ape hints and how walking on two feet evolved“, Nature 575, 445–446, 2019.

9. Vezi Rook et al., „Oreopithecus was bipedal ape after all: evidence from the iliac cancellous architecture“, Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 96, 8795–8799, 1999.

10. Nu au existat niciodată maimuțe antropoide în Americi. Maimuțele antropoide au evoluat din maimuțele din Lumea Veche: maimuțele din Lumea Nouă sunt doar rude îndepărtate, care s-ar putea să fi evoluat din imigranți care au ajuns în Americi din Africa în Eocen (vezi Bond et al., „Eocene primates of South America and the African origins of New World monkeys“, Nature 520, 538–541, 2015). Ele se deosebesc de verii lor din Lumea Veche prin faptul că păstrează cozi lungi, care sunt adesea capabile să se agațe și funcționează ca un al cincilea membru. Acesta ar putea fi motivul pentru care, în Americi, maimuțele au rămas maimuțe și nu au evoluat în forme asemănătoare maimuțelor antropoide sau măcar trăitoare pe sol, precum macacii aproape fără coadă din Lumea Veche.

11. Ar trebui să adaug o notă pentru a risipi orice confuzie între termenii „hominian“ și „hominid“. Termenul „hominid“ obișnuia să se refere la orice membru al familiei Hominidae, ce includea oamenii moderni și orice rude dispărute ale oamenilor care nu erau mai strâns înrudite cu Marile Maimuțe, sau pongide, din familia Pongidae. În ultimii ani a devenit clar că pongidele nu formează un grup „natural“, adică un grup în care toți membrii au exclusiv același strămoș comun. Se dovedește că oamenii sunt mai strâns înrudiți cu cimpanzeii decât cu gorilele, urangutanul aflându-se undeva la mare distanță. Asta înseamnă că familia Pongidae nu are un strămoș comun care să includă și strămoșii hominidelor. Pentru a rezolva această chestiune, definiția familiei Hominidae a fost extinsă pentru a include atât Maimuțele Mari, cât și oamenii, iar numele hominian (membru al sub-tribului Hominina din tribul Hominini din subfamilia Homininae) este folosit pentru a desemna oamenii moderni și orice rude dispărute ale oamenilor care nu mai sunt strâns înrudite cu cimpanzeii — și

acesta este sensul în care folosesc termenul aici. Lucrurile sunt încurcate şi mai mult din cauza utilizărilor contradictorii. Unii cercetători folosesc acum termenul „hominian“ în acest sens, pe când alţii continuă să folosească „hominid“, iar unii din aceste două grupuri s-au răzgândit pe parcurs, făcând lectura literaturii de specialitate la care mă refer aici un pic derutantă.

12. Vezi Brunet et al., „A new hominid from the Upper Miocene of Chad, Central Africa“, Nature 418, 145–151, 2002; şi Vignaud et al., „Geology and paleontology of the Upper Miocene Toros-Menalla hominid locality, Chad“, Nature 418, 152–155, 2002. Bernard Wood a scris un comentariu însoţitor, „Hominid revelations from Chad“, Nature 418, 133–135, 2002.

13. Descoperitorii craniului de Sahelanthropus l-au numit „Toumaï“. În goran, limba oamenilor care trăiesc în această regiune neprimitoare, asta înseamnă „speranţă de viaţă“.

14. Vezi Haile-Salassie et al., „Late Miocene hominids from the Middle Awash, Ethiopia“, Nature 412, 178–181, 2001.

15. Pickford et al., „Bipedalism in Orrorin tugenensis revealed by its femora“, Compes Rendus Palevol 1, 191–203, 2002.

16. Majoritatea descoperirilor din evoluţia umană datând de acum 5 milioane de ani au fost făcute într-o porţiune îngustă a Africii, ce se întinde din Malawi, în sud, către nord, trecând prin Tanzania, Kenya şi Etiopia. Aceasta este Valea Marelui Rift, o tăietură adâncă ce se lărgeşte lent, creată pe măsură ce două secţiuni ale scoarţei Pământului sunt dislocate de forţele rapide ale plăcilor tectonice. Bucăţi gigantice din peretele riftului se prăbuşesc în spaţiul din ce în ce mai larg, unde ploaia şi soarele le erodează şi le transformă în sedimente. Pe măsură ce plăcile se îndepărtează, magma ţâşneşte şi urcă bolborosind de dedesubt, creând vulcani. Pe fundul văii, se formează, se contopesc, se extind şi se micşorează în permanenţă râuri şi lacuri. Combinaţia de sedimentare, lacuri şi vulcani este ideală pentru fosilizare, din sedimentele de pe malurile lacurilor formate de-a lungul Riftului în Kenya, Tanzania şi Etiopia fiind colectate cele mai multe dovezi ale evoluţiei umane. Restul provin în majoritate din vechi peşteri de calcar erodate, situate într-un mic areal din Africa de Sud, cunoscut sub numele de „Leagănul omenirii“. Sedimentele din peşteri sunt extrem de greu de datat, deşi s-a înregistrat un oarecare progres. Vezi, de exemplu, Pickering et al., „U-Pb-dated flowstones restrict South African early hominin record to dry

climate phases“, Nature 565, 226–229, 2019. Pământul încă se mişcă şi se va mişca mai departe: în câteva milioane de ani, Africa de la est de Rift se va fi rupt de continentul-mamă. Marea va pătrunde pentru a umple golul. Riftul este un nou ocean pe cale de a se naşte; asemănător cu riftul din estul Americii de Nord de la sfârşitul Triasicului care a dat naştere Oceanului Atlantic, dar fără dramă.

17. Și una pe care bebelușii o păstrează în continuare.

18. Vezi Whitcome et al., „Fetal load and the evolution of lumbar lordosis in bipedal hominins“, Nature 450, 1075–1078, 2007.

19. Vezi, de exemplu, Wilson et al., „Biomechanics of predatory-prey arms race in lion, zebra, cheetah and impala“, Nature 554, 183–188, 2018; şi comentariul aferent al lui Biewener, „Evolutionary race as predators hunt prey“, Nature 554, 176–178, 2018.

20. Alte mamifere bipede includ cangurii şi diverse rozătoare săritoare, precum jerboa; însă cangurii îşi menţin poziţia verticală cu ajutorul unei cozi lungi, iar rozătoarele săritoare tind să facă salturi folosind ambele picioare deodată.

21. Ceva ce am descoperit pe pielea mea când mi-am fracturat glezna într-un accident minor acasă, în august 2018. Această întâmplare m-a lăsat complet neajutorat, o situaţie ameliorată de serviciile imediat accesibile ale aparatului aproape incomprehensibil de complex şi de vast care este National Health Service (NHS); inclusiv o ambulanţă, un spital universitar complet echipat, paramedici, asistente, anestezişti, chirurgi, ca să nu mai zic de o armată de personal auxiliar şi — când am ieşit din spital — de fizioterapeuţi; de un scaun cu rotile împrumutat de la Crucea Roşie; şi (mai ales) de îngrijirea îndureratei doamne Gee care a decis, cel puţin parţial din propria voinţă, să se înscrie la cursurile de asistenţă medicală, specializându-se în pacienţi cu dizabilităţi de învăţare (ca să vedeţi!). NHS este cel mai mare angajator nu numai din Marea Britanie, ci din toată Europa, şi reprezintă o parte considerabilă din cheltuielile publice în Marea Britanie. Fără o asemenea susţinere, un hominian timpuriu care îşi rupea glezna în savana africană ar fi fost probabil ucis şi mâncat.

22. Vezi White et al., „Australopithecus ramidus, a new species of early hominid from Aramis, Ethiopia“, Nature 371, 306–312, 1994.

23. Vezi A. Gibbons, „A rare 4.4–million-year-old skeleton has drawn back the curtain of time to reveal the surprising body plan and ecology of our earliest

ancestors“, Science 326, 1598–1599, 2009.

24. Vezi Leakey et al., „New four-million-year-old hominid species from Kanapoi and Allia Bay, Kenya“, Nature 376, 565–571 (1995); Haile-Selassie et al., „A 3.8–million-year-old hominin cranium from Woranso-Mille, Ethiopia“, Nature 573, 214–219, 2019; F. Spoor, „Elusive cranium of early hominin found“, Nature 573, 200–202, 2019.

25. Johanson et al., „A new species of the genus Australopithecus (Primates, Hominidae) from the Pliocene of Eastern Africa“, Kirtlandia 28, 1–14, 1978. Se știe că cel puțin două alte specii au trăit în zonă în aceeași perioadă. Vezi Haile-Salassie et al., „New species from Ethiopia further expands Middle Pliocene hominin diversity“, Nature 521, 483–488, 2015; F. Spoor, „The Middle Pliocene gets crowded“, Nature 521, 432–433, 2015; Leakey et al., „New hominin genus from eastern Africa shows diverse middle Pliocene lineages“, Nature 410, 433–440, 2001; D. Lieberman, „Another face in our family tree“, Nature 410, 419–420, 2001.

26. Unde o creatură foarte similară a fost denumită Australopithecus bahrelghazali: Brunet et al., „The first australopithecine 2,500 kilometres west of the Rift Valley (Chad)“, Nature 378, 273–275, 1995.

27. După cum dovedesc urmele de pași din cenușa vulcanică umedă prezervate la Laetoli, în Tanzania. Urme de hominian apar în două locuri separate. Într-unul, un hominian merge singur. În altul, un hominian pare să fie însoțit de un copil care probabil urmează adultul. Vezi M.D. Leakey și R.L. Hay, „Pliocene footprints in the Laetoli Beds and Laetoli, northern Tanzania“, Nature 278, 317–323, 1979.

28. Acestea fiind spuse, fracturi observate la cel mai complet specimen, celebrul schelet cunoscut sub numele de „Lucy“, sugerează că ea a murit din cauza rănilor suferite în urma căzăturii dintr-un copac. Vezi Kappelman et al., „Perimortem fractures in Lucy suggest mortality from fall out of a tree“, Nature 537, 503–507, 2016.

29. Vezi Cerling et al., „Woody cover and hominin environments in the past 6 million years“, Nature 476, 51–56, 2011; C.S. Feibel, „Shades of the savannah“, Nature 476, 39–40, 2011.

30. Haile-Salassie et al., „A new hominin foot from Ethiopia shows multiple

Pliocene bipedal adaptations“, Nature 483, 565–569, 2012; D. Lieberman, „Those feet in ancient times“, Nature 483, 550–551, 2012.

31. Acestea includeau diverse specii de Australopithecus și Homo, precum Australopithecus garbi (vezi Asfaw et al., „Australopithecus garbi: a new species of early hominid from Ethiopia“, Science 284, 629–635, 1999); Australopitecus sediba (Berger et al., „Australopithecus sediba: a new species of Homo-like australopith from South Sfrica“, Science 328, 195–204, 2010); Homo habilis și Homo rudolfensis (vezi Spoor et al., „Reconstructed Homo habilis type OH7 suggests deep-rooted species diversity in early Homo“, Nature 519, 83–86, 2015); și Homo naledi (Berger et al., „Homo naledi, a new species of the genus Homo from Dinaledi Chamber, South Africa“, eLife 2015; 4:e09560). Legăturile dintre toate aceste creaturi fac obiectul unor dezbateri considerabile. Deși denumirea Homo a fost inițial menită să reflecte o dimensiune mai mare a creierului și o capacitate tehnologică mai mare (vezi L.S.B. Leakey, „A New Fossil Skull from Olduvai“, Nature 184, 491–493, 1959; Leakey et al., „A New Species of the genus Homo from Olduvai Gorge“, Nature 202, 7–9, 1964), descoperirea unor unelte de piatră care antedatează în mod semnificativ cel mai timpuriu Homo — în urmă cu aproximativ 3,3 milioane de ani — a pus la îndoială această distincție. Ba mai mult, s-au adus argumente solide că speciile cele mai timpurii de Homo erau prea puțin diferite de Australopithecus pentru a merita distincția: vezi B. Wood și M. Collard, „The Human Genus“, Science 284, 65–71, 1999.

32. Vezi Harmand et al., „3.3-million-year-old stone tools from Lomekwi 3, West Turkana, Kenya“, Nature 521, 310–315, 2015; E. Hovers, „Tools go back in time“, Nature 521, 294–295, 2015; McPherron et al., „Evidence for stone-tool-assisted consumption of animal tissues before 3.39 million years ago at Dikika, Ethiopia“, Nature 466, 857–860, 2010; D. Braun, „Australopithecus butchers“, Nature 466, 828, 2010.

33. Cele mai timpurii unelte nu erau mai sofisticate decât genul de unelte pe care le folosesc astăzi cimpanzeii și sunt foarte greu de deosebit de niște pietre cioplite prin alte procese naturale. Ba mai mult decât atât, unele specii de primate, nu doar hominienii, sunt cunoscute pentru faptul că aleg pietre de râu și le duc în anumite zone pentru utilizare. Unele dintre aceste artefacte sunt greu de distins de cele atribuite primilor hominieni. Vezi Haslam et al., „Primate archaeology evolves“, Nature Ecology & Evolution 1, 1431–1437, 2017.

34. Vezi K.D. Zink și D.E. Lieberman, „Impact of meat and Lower Palaeolithic food processing techniques on chewing in humans“, Nature 531, 500–503, 2016.

10. ÎN TOATĂ LUMEA

1. ...care echivalează cu 23,5 grade față de verticală, doar că exprimat ca o abatere de la orizontală. Cele două valori însumează 90 de grade.

2. Lucru valabil și pentru stelele din emisfera sudică. Cu toate acestea, întâmplarea face ca regiunea cerească polară sudică să fie un colț de cer deosebit de tern și de plicticos, fără mai nimic care să-l scoată în evidență și, cu siguranță, fără nicio stea proeminentă care să marcheze echivalentul polar sudic al Polaris.

3. Acest lucru a fost calculat de un matematician pe nume Milutin Milankovici (1879–1958), care a făcut toată treaba fără să folosească un computer. Dacă vă puteți imagina.

4. Aceasta este una dintre foarte puținele mele descoperiri autentice care zace, necitită, în teza mea de doctorat.

5. Lăsând la o parte faptul că sunt britanic și că s-a întâmplat să studiez fauna epocii glaciare din Marea Britanie pentru teza mea de doctorat, există un motiv întemeiat pentru a alege Britania drept exemplu. Ca insulă aflată la marginea occidentală a marii mase continentale, ea a fost din nou supusă schimbărilor climatice extreme în această perioadă și, drept urmare, este un bun exemplu pentru un fenomen general. Asta-i scuza mea. Și mă agăț de ea.

6. Vezi G.A. Jones, „A stop start-ocean conveyer“, Nature 349, 364–365, 1991.

7. Aceste impulsuri bruște ale ruperii aisbergurilor sunt cunoscute sub numele de evenimente Heinrich. Vezi Bassis et al., „Heinrich events triggered by ocean forcing and modulated by iostatic adjustment“, Nature 542, 332–334, 2017; A. Vieli, „Pulsating ice sheet“, Nature 542, 298–299, 2017.

8. Acest lucru este surprins remarcabil pe teren. Depozitele fosile din Etiopia care încadrează tranziția indică o scădere pronunțată a speciilor iubitoare de

păduri mixte, precum Australopithecus, și o creștere a speciilor amatoare de zone deschise, precum caii, cămilele — și Homo. Vezi Alemseged et al., „Fossils from Mille-Logya, Afar, Ethiopia, elucidates the link between Pliocene environmental change and Homo origins“, Nature Communications 11, 2480 (2020).

9. Vezi D. Bramble și D. Lieberman, „Endurance running and the evolution of Homo“, Nature 432, 345–352, 2004, pentru un eseu convingător despre importanța alergării de anduranță în istoria umană. Ar trebui să adaug că exegeza lor despre anatomie se referă mai degrabă la Homo sapiens decât la Homo erectus în particular, așa că mi-am permis câteva libertăți. Acestea fiind spuse, Homo erectus a fost primul hominian cu o formă a corpului foarte asemănătoare cu cea a oamenilor moderni.

10. Termenul „trib“ în această accepțiune se referă la un grup distinct de indivizi legați prin rudenie și tradiție, care trăiește mai mult sau mai puțin în același loc și care este, din punct de vedere cultural și, mai mult sau mai puțin, genetic, distinct de alte asemenea grupuri.

11. O comparație a ratei violenței letale la mamifere arată că hominienii și primatele sunt mai violente decât mamiferele în general. Vezi Gomez et al., „The phylogenetic roots of human lethal violence“, Nature 538, 233–237, 2016, cu un comentariu însoțitor de Pagel, „Lethal violence deep in the human lineage“, Nature 538, 180–181, 2016.

12. ...cu un penis minuscul. Membrul erect al gorilei mascul are o lungime de aproximativ 3 centimetri. Chiar și un mascul uman mediu mai poate adăuga la asta 10 centimetri. Vezi M. Maslin, „Why did humans evolve big penises but small testicles?“, The Conversation, 25 ianuarie 2017, accesat 1 aprilie 2021; Veal et al., „Am I normal? A systemic review in construction of nomograms for placid and erect penis length and circumference in up to 15,521 men“, BJU International 115, 978–986, 2015.

13. Vezi S. Eliassen și C. Jørgensen, „Extra-pair mating and evolution of cooperative neighbourhoods“, PLoS ONE doi.org/10.1371./journal.pone.0099878, 2014; B.C. Sheldon and M. Mangel, „Love thy neighbour“, Nature 512, 381–382, 2014.

14. Așa îl descriu în mod inspirat pe Homo erectus Alan Walker și Pat Shipman

în cartea The Wisdom of Bones (Vintage, 1997).

15. Vezi Dean et al., „Growth processes in teeth distinguish modern humans from Homo erectus and earlier hominins“, Nature 414, 628–631, 2001; și comentariul aferent al lui Moggi-Cecchi, „Questions of growth“, Nature 414, 595–597, 2001.

16. Deşi cele mai vechi unelte Acheulean cunoscute se găsesc în Africa (vezi, de exemplu, Asfaw et al., „The earliest Acheulean from Konso-Gardula“, Nature 360, 732–735, 1992), cultura a primit numele de la St-Acheul, un sit arheologic din Franţa unde a fost identificată prima dată.

17. © The Atlantic Monthly, 1975.

18. Vezi Joordens et al., „Homo erectus at Trinil on Java used shells for tool production and engraving“, Nature 518, 228–231, 2015.

19. Oamenii au fost întotdeauna surprinşi să afle că fiinţele umane sunt foarte strâns înrudite cu cimpanzeii, gorila şi urangutanul. Lăsând la o parte consideraţiile religioase, fiinţele umane sunt şocant de diferite de aceste creaturi. Oamenii s-au schimbat foarte mult faţă de strămoşul comun pe care îl avem cu marile maimuţe, pe când marile maimuţe s-au schimbat mult mai puţin.

20. Cea mai veche fosilă cunoscută ce poate fi atribuită lui Homo erectus este un fragment de craniu descoperit în Peştera Drimolen din Africa de Sud, cu o vechime de peste 2 milioane de ani — vezi Herries et al., „Contemporaneity of Australopithecus, Paranthropus and early Homo erectus in South Africa“, Science 368 doi: 10.1126/science.aaw7293, 2020. Cel mai complet exemplu de Homo erectus african este scheletul unui tânăr din Kenya: vezi Brown et al., „Early Homo erectus skeleton from west Lake Turkana, Kenya“, Nature 316, 788–792, 1985. Forma longilină, zveltă a scheletului contrastează puternic cu trupurile mai îndesate ale hominienilor anteriori.

21. Vezi Zhu et al., „Hominin occupation of the Chinese Loess Plateau since about 2.1 million years ago“, Nature 559, 608–612, 2018.

22. Vezi Shen et al., „Age of Zhoukoudian Homo erectus determined with 26Al/10 Be burial dating“, Nature 458, 198–200, 2009; și comentariul aferent al lui Ciochon și Bettis, „Asian Homo erectus converges in time“, Nature 458, 153–154, 2009.

23. Vezi J. Schwartz, „Why constrain hominid taxic diversity?“, Nature Ecology & Evolution, 5 august 2019, https://doi.org/10.1038/s41559–029–0959–2 pentru o discuție tranșantă în favoarea diversității taxonomice la Homo erectus.

24. În timp ce toate speciile au în mod formal un nume binomial constând dintr-un gen (Homo) și o specie (de pildă, sapiens) și ar putea să mai primească un nume sub-specific (de pildă, ei bine, sapiens, rezultând astfel Homo sapiens sapiens), acești oameni străvechi au primit ulterior patru nume, Homo erectus ergaster georgicus, o mișcare unică în analele nomenclatorului (excepție făcând poate doar membrii familiei regale britanice) și care subliniază faptul că apartenența lui Homo erectus implică o diversitate de opinii și interpretări. Vezi L. Gabunia și A. Vekua, „A Plio-Pleistocene hominid from Dmanisi, East Georgia, Caucasus“, Nature 373, 509–512, 1995; Lordkipanidze et al., „A complete skull from Dmanisi, and the evolutionary biology of early Homo“, Science 342, 326–331 (2013), pentru acest nume remarcabil și o discuție despre problemele foarte reale ale introducerii fără discernământ a specimenelor fosile în ceea ce ar fi putut fi specii de o varietate necunoscută.

25. Vezi Rizal et al., „Last appearance of Homo erectus at Ngandong, Java, 117,000–108,000 years ago“, Nature 577, 381–385, 2020.

26. See Swisher et al., „Latest Homo erectus of Java: potential contemporaneity with Homo sapiens in Southeast Asia“, Science 274, 1870–1874, 1996.

27. Vezi Ingicco et al., „Earliest known hominin activity in the Philippines by 709 thousand years ago“, Nature 557, 233–237, 2018.

28. Vezi Détroit et al., „A new species of Homo from the Late Pleistocene of the Philippines“, Nature 568, 181–186, 2019, și comentariul aferent al lui Tocheri, „Previously unknown human species found in Asia raises questions about early hominin dispersal from Africa“, Nature 568, 176–178, 2019.

29. Vezi Brown et al., „A new small-bodied hominin from the Late Pleistocene of Flores, Indonesia“, Nature 431, 1055–1061, 2004, cu comentariul aferent al lui Mirazón Lahr și Foley, „Human evolution writ small“, Nature 431, 1034–1044, 2004; Morwood et al., „Further evidence for small-bodied hominins from the Late Pleistocene of Flores, Indonesia“, Nature 437, 10112–1017, 2005, și colecția online „The Hobbit at 10“, https://www.nature.com/collections/baiecchdeh.

30. Vezi Sutikna et al., „Revised stratigraphy and chronology for Homo floresiensis at Liang Bua in Indonesia“, Nature 532, 366–369, 2016; van den Bergh et al., „Homo floresiensis-like fossils from the early Middle Pleistocene of Flores“, Nature 534, 245–248, 2016.; Brumm et al., „Early stone technology on Flores and its implications for Homo floresiensis“, Nature 441, 624–628, 2006.

31. Acești șobolani există încă și sunt însoțiți de șobolani de mărime medie și mică. Când am vizitat peștera Liang Bua de pe insula Flores, acolo unde fuseseră dezgropate primele specimene de Homo floresiensis, am petrecut o zi minunată ajutând-o pe Dr. Hanneke Meijer să sorteze în diferite clase de mărime sutele de oase de șobolani, alături de sutele de oase de lilieci și de mai puținele, dar foarte prețuitele oase de păsări — de care Hanneke era interesată în mod special. Aceste oase fuseseră curățate până și de ultimul gram de sediment scos din pământ și puse în saci marcați cu locația precisă 3–D în care sedimentul fusese descoperit. Lucrătorii căraseră sacii grei până la baza dealului, la orezării, cernuseră oasele și le aduseseră înapoi să le studiem. Orice excavație trebuie să-i cinstească pe cei mulți care, prin munca lor istovitoare, fac posibile descoperirile importante, cele anunțate cu surle și trâmbițe în revistele internaționale.

32. Victoria Herridge mi-a reamintit să menționez în mod special elefanții pitici. Nu mă pot abține să nu-mi imaginez cum elefanții și oamenii au devenit din ce în ce mai mici până când au ajuns microscopici și, practic invizibili, au dispărut din vedere, precum protagonistul din The Invisible Shrinking Man.

33. Vezi Bermúdez de Castro et al., „A hominid from the lower Pleistocene of Atapuerca, Spain: possible ancestor to Neanderthals and modern humans“, Science 276, 1392–1395, 1997; Parfitt et al., „Early Pleistocene human ocuppation at the edge of the boreal zone on northwest Europe“, Nature 466, 229–233, 2010, și comentariul aferent al lui Roberts și Grün, „Early human northerners“, Nature 466, 189–190, 2010; Ashton et al., „Hominin footprints from Early Pleistocene Deposits at Happisburgh, UK“, PLoS ONE https://doi.org/10.1371/journal.pone.0088329, 2014.

34. Vezi Walker et al., „The dental proteome of Homo antecessor“, Nature 580, 235–238, 2020.

35. Vezi H. Thieme, „Lower Palaeolithic funting spears from Germany“, Nature 385, 807–810, 1997.

36. Vezi Roberts et al., „A hominid tibia from Middle Pleistocene sediments at Boxgrove, UK“, Nature 369, 311–313, 1994.

37. Vezi Arsuaga et al. „Three new human skulls from the Sima de los Huesos Middle Pleistocene site in Sierra de Atapuerca, Spain“, Nature 362, 534–537, 1993.

38. ADN-ul nuclear dovedește că indivizii de la Atapuerca erau mai strâns înrudiți cu neanderthalienii decât cu orice alt hominian. Vezi Meyer et al., „Nuclear DNA sequences from the Middle Pleistocene Sima de los Huesos hominins“, Nature 531, 504–507, 2016.

39. Vezi Jaubert et al., „Early Neanderthal constructions deep in Bruniquel Cave in southwestern France“, Nature 534, 111–114, 2016; și comentariul aferent al lui Soressi, „Neanderthals built underground“, Nature 534, 43–44, 2016.

40. Denisovanii au primit numele de la peștera din Munții Altai, din sudul Siberiei, unde rămășițele lor au fost identificate pentru prima dată. Ei nu au — încă — un nume zoologic formal.

41. Vezi Chen et al., „A late Middle Pleistocene Denisovan mandible from the Tibetan Plateau“, Nature 569, 409–412, 2019.

42. Dacă e așa, au lăsat foarte puține urme. S-a susținut, foarte controversat, că un loc de ucidere a mastodonților din sudul Californiei, datând de aproximativ 125 000 de ani, a fost creat prin acțiunea omului. Dacă așa stau lucrurile, asta s-a petrecut cu mult înaintea celei mai optimiste estimări a unei ocupații umane timpurii a Americilor, care este socotită a fi avut loc acum maximum 30 000 de ani. Vezi Holen et al., „A 130,000–year-old archaeological site in southern California, USA“, Nature 544, 479–483, 2017.

43. Ei sunt cunoscuți sub numele de „denisovani“, după numele peșterii Denisova din Munții Altai, în sudul Siberiei, unde rămășițele lor au fost identificate pentru prima dată. Vezi Reich et al., „Genetic history of an archaic hominin group from Denisova Cave in Siberia“, Nature 468, 1053–1060, 2010; și comentariul aferent al lui Bustamante și Henn „Shadows of early migrations“, Nature 468, 1044–1045, 2010.

11. SFÂRȘITUL PREISTORIEI

1. Vezi Navarrete et al., „Energetic and the evolution of human brain size“, Nature 480, 91–93, 2011; R. Potts, „Big brains explained“, Nature 480, 43–44, 2011.

2. Selecția naturală a favorizat de asemenea preferința masculină pentru forme mai curbate ale corpului feminin: vezi D.W. Yu și G.H. Shepard Jr., „Is beauty in the eye of the beholder?“, Nature 396, 321–322, 1998.

3. Vezi K. Hawkes, „Grandmothers and the evolution of human longevity“, American Journal of Human Biology 15, 380–400, 2003. Nu mai e nevoie să spun, ipoteza bunicii, ca orice altceva din povestea vieții umane, este controversată, dar mi se pare cea mai logică.

4. Asta explică de ce bărbații au sfârcuri. Deoarece femeile au sâni și sfârcuri, masculii au și ei sfârcuri, deși mai mici și nefuncționale. Ele implică și un cost: cancerul de sân apare nu doar la femei, ci și la bărbați, dar e rar. În mod paradoxal, evoluția preferințelor feminine în privința alegerii partenerului mențin trăsături altfel nocive la masculi. Vezi P. Muralidhar, „Mating preferences of selfish sex chromosomes“, Nature 570, 376–379; M. Kirkpatrick, „Sex chromosomes manipulate mate choice“, Nature 570, 311–312, 2019.

5. Îi sunt îndatorat lui Simon Conway Morris pentru această idee.

6. Jared Diamond speculează că apariția diabetului de tip 2, mai ales în rândul peroanelor care până nu demult au avut o dietă de subzistență, este rezultatul unei treceri bruște la stilurile de viață occidentale în care foametea este de domeniul trecutului și consumul excesiv de alimente dulci este la ordinea zilei. Vezi Diamond, „The double puzzle of diabetes“, Nature 423, 599–602, 2003.

7. Homo rhodesiensis, o creatură similară lui Homo heidelbergensis, a trăit în Africa Centrală acum aproximativ 300 000 de ani (Grün et al., „Dating the skull from Broken Hill, Zambia, and its position in human evolution“, Nature 580, 372–375, 2020), dar au existat și alții. O specie de hominieni cu un craniu uimitor de arhaic a trăit în Nigeria până acum 11 000 de ani (Harvati et al., „The Later Stone Age calvaria from Iwo Eleru, Nigeria: morphology ad chronology“, PLoS ONE https://foi.org/10.1371/journal. one. 0024024.2011). Există dovezi și

ale altor specii arhaice în Africa, păstrate doar ca ADN fragmentar la oamenii moderni — asemenea unor pisici de Cheshire care dispar din vedere până când nu mai rămâne din ele decât zâmbetul (vezi, de exemplu, Hsieh et al., „Model-based analysis of whole genome data reveal a complex evolutionary history involving archaic introgression in Central african Pygmies“, Genome Research 26, 291–300, 2016).

8. Cele mai vechi dovezi cunoscute ale primelor manifestări ale lui Homo sapiens au o vechime de aproximativ 315 000 de ani și provin din Maroc (vezi Hublin et al., „New fossils from Jebel Irhoud, Morocco, and the pan-African origin of Homo sapiens“, Nature 546, 289–292, 2017; Richter et al., „The age of the hominin fossils from Jebel Irhoud, Morocco, and the origins of the Middle Stone Age“, Nature 546, 293–296, 2017; Stringer și Galway-Witham, „On the origin of our species“, Nature 546, 212–214, 2017). Alte specimene timpurii de Homo sapiens includ rămășițe din Kibish, datând de acum aproximativ 195 000 de ani (McDougall et al., „Stratigraphic placement and age of modern humans from Kibish, Ethiopia“, Nature 433, 733–736, 2005), și Middle Awash, tot în Etiopia (vezi White et al., „Pleistocene Homo sapiens from Middle Awash, Ethiopia“, Nature 423, 742–747, 2003; Stringer, „Out of Ethiopia“, Nature 423, 693–695, 2003).

9. Harvati et al., „Apidima Cave fossils provide earlier evidence of Homo sapiens in Eurasia“, Nature 571, 500–504, 209; McDermott et al., „Mass-spectometric U-series dates for Israeli Neanderthal/early modern hominid sites“, Nature 363, 252–255, 1993; Hershkovitz et al., „The earliest modern humans outside Africa“, Science 359, 456–459, 2018.

10. Vezi Chan et al., „Human origins in a southern African palaeowetland and first migrations“, Nature 575, 185–189, 2019.

11. Vezi Henshilwood et al., „A 100,000–year-old Ochre-Processing Workshop at Blombos Cave, South Africa“, Science 334, 219–222, 2011.

12. Vezi Henshilwood et al., „An abstract drawing from the 73,000–year-old levels at Blombos Cave, South Africa“, Nature 562, 115–118, 2018.

13. Vezi Brown et al., „An early and enduring advanced technology orginating 71,000 years ago in South Africa“, Nature 491, 590–593.

14. Vezi Rito et al., „A dispersal of Homo sapiens from southern to eastern

Africa immediately preceded the out-of-Africa migration“, Scientific Reports 9, 4728, 2019.

15. Toba a micșorat faimoasa erupție a vulcanului Tambora, tot din Indonezia, în 1815. Evenimentul a inaugurat „Anul fără vară“, când un grup de radicali care sperau să se bucure de o vacanță de vară s-au ascuns în schimb într-o vilă de pe malul Lacului Geneva și s-au amuzat compunând povești de groază. Unul dintre ei a fost adolescenta Mary Shelley, care a scris o nuvelă romantică intitulată Frankenstein; or, The Modern Prometheus. În mod evident, ceva pentru o zi ploioasă.

16. Vezi Smith et al., „Humans thrived in South Africa through the Toba eruption about 74,000 years ago“, Nature 555, 511–515, 2018.

17. Vezi Petraglia et al., „Middle Paleolithic assemblages from the Indian Subcontinent before and after the Toba super-eruptlon“, Science 317, 114–116, 2007.

18. Vezi Westaway et al., „An early modern human presence in Sumatra 73,000–63,000 years ago“, Nature 548, 322–325, 2017.

19. Lucru demonstrat în cazul australopitecilor. Analiza chimică a oligoelementelor din smalțul dinților de australopitec arată că indivizii mai mici — presupuși a fi fost femei — s-au deplasat în timpul vieții mai departe decât masculii. Vezi Copeland et al., „Strontium isotope evidence for landscape use by early hominins“, Nature 474, 76–78, 2011; M.J. Schoeninger, „In search of the australopithecines“, Nature 474, 43–45, 2011.

20. Vezi A. Timmermann și T. Friedrich, „Late Pleistocene climate drivers of early human migration“, Nature 538, 92–95, 2016.

21. Clarkson et al., „Human occupation of northern Australia by 65,000 years ago“, Nature 547, 306–310, 2017.

22. Vezi, de exemplu, F.A. Villanea și J.G. Schraiber, „Multiple episodes of interbreeding between Neanderthals and modern humans“, Nature Ecology & Evolution, 3, 39–44, 2019, cu comentariul aferent al lui F. Mafessoni, „Encounters with archaic hominins“, Nature Ecology & Evolution, 3, 14–15, 2019; Sankararaman et al., „The genome landscape of Neanderthal ancestry in present-day humans“, Nature 507, 354–357, 2014.

23. Vezi Huerta-Sánchez et al., „Altitude adaptation in Tibetans caused by intregression of Denisovan-like DNA“, Nature 512, 194–197, 2014.

24. Vezi Hublin et al., „Initial Upper Palaeolithic Homo sapiens from Bacho Kiro Cave, Bulgaria“, Nature 581, 299–302, 2020, cu raportul aferent al lui Fewlass et al., „A 14 C chronology for the Middle to Upper Palaeolithic transition at Bacho Kiro Cave, Bulgaria “, Nature Ecology & Evolution 4, 794–801, 2020, și comentariul aferent al lui Banks, „Puzzling out the Middle-to-Upper-Palaeolithic transition“, Nature Ecology & Evolution 4, 775–776, 2020. Vezi și M. Cortés-Sanchéz et al., „An early Aurignacian arrival in south-western Europe“, Nature Ecology & Evolution 3, 207–212, 2019; Benazi et al., „Early dispersal of modern humans in Europe and implications for Neanderthal behaviour“, Nature 479, 525–528, 2011.

25. Vezi Higham et al., „The timing and spatiotemporal patterning of Neanderthal disappearance“, Nature 512, 306–309, 2014, și comentariul aferent al lui W. Davies, „The time of the last Neanderthals“, Nature 512, 260–261, 2014.

26. „Vrei să-mi spui că au copulat?“ l-a întrebat, pe un ton tăios, un bătrânel sceptic din public pe un vorbitor care aborda acest subiect sensibil la o reuniune despre ADN-ul antic la Royal Society din Londra. Așezat undeva în spate, am fost tentant să mă ridic și să răspund, pe un ton la fel de imperios, că „nu numai că au copulat, dar uniunea lor a fost binecuvântată cu odrasle!“ Mi-am ținut gura.

27. Vezi Koldony și Feldman, „A parsimoniuos neutral model suggests Neanderthal replacement was determined by migration and random species drift“, Nature Communications 8, 1040, 2017; și C. Stringer și C. Gamble, In Search of the Neanderthals (London: Thames and Hudson, 1994). Mecanisme similare au fost observate și la alte specii. Veverița cenușie din America de Nord, de exemplu, a fost adusă în Marea Britanie în secolul al XVIII-lea. Două sute de ani mai târziu, ea înlocuise efectiv veverița roșie autohtonă grație unei înmulțiri mai rapide și unei atitudini mai agresive față de păstrarea teritoriului. Vezi Okubo et al., „On the spatial spread of the grey squirrel in Britain“, Proceedings of the Royal Society of London B, 238, 113–125, 1989.

28. Vezi Zilhão et al., „Precise dating of the Middle-to-Upper Paleolithic transition in Murcia (Spain) supports late Neanderthal persistence in Iberia“,

Heliyon 3, e00435, 2017.

29. Slimak et al., „Late Mousterian persistence near the Arctic Circle“, Science 332, 841–845, 2011.

30. Vaesen et al., „Inbreeding, Allee effects and stochasticity might be sufficient to account for Neanderthal extinction“, PLoS ONE 14, e0225117, 2019.

31. J. Diamond, „The last people alive“, Nature 370, 331–332, 1994.

32. Fu et al., „An early modern human from Romania with a recent Neanderthal ancestor“, Nature 524, 216–219.

33. Conard et al., „New flutes document the earliest musical tradition in southwestern Germany“, Nature 460, 737–740, 2009.

34. Conard, „Paleolithic ivory sculptures from southwestern Germany and the origins of figurative art“, Nature 426, 830832, 2003.

35. Vezi Aubert et al., „Pleistocene cave art from Sulawesi, Indonesia“, Nature 514, 223–227, 2014; Aubert et al., „Paleolithic cave art in Borneo“, Nature 564, 254–257, 2018.

36. Lubman, „Did Paleolithic cave artists intentionally paint at resonant cave locations?“, Journal of the Accoustical Society of America, 141, 3999, 2017.

12. TRECUTUL VIITORULUI

1. Eu numesc asta „Principiul Karenina“. Sunteți bineveniți.

2. Dark Eden, un roman de Chris Beckett (Corvus, 2012) îl are drept protagonist pe un anume John Redlantern, unul dintre cei 532 de descendenți ai unui cuplu de astronauți naufragiați pe o planetă îndepărtată. Este o poveste tulburătoare despre eforturile disperate ale unei mici comunități de a supraviețui în ciuda efectelor unei malformații congenitale produse de consangvinizare.

3. Ne gândim la povestea tragică a lui Dedeckera eurekensis, un arbust limitat la Deşertul Mojave. El a evoluat în circumstanţe mai blânde, dar neadaptarea a dus la o serie de anomalii genetice care au asigurat un eşec aproape total al reproducerii. Vezi Wiens et al., „Developmental failure and loss of reproductive capacity in the rare palaeoendemic shrub Dedeckera eurekensis“, Nature 338, 65–67, 1989.

4. Vezi A. Slang et al., „Indirect evidence for an extinction debt of grassland butterflies half century after habitat loss“, Biological Conservation 143, 1405–1413, 2010.

5. Vezi Tilman et al., „Habitat destruction and the extinction debt“, Nature 371, 65–66, 1994.

6. Vezi A.J. Stuart, Vanished Giants (Chicago: University of Chicago Press, 2020) pentru o descriere comprehensivă şi uşor de citit a extincţiilor de la sfârşitul Pleistocenului.

7. Vezi Stuart et al., „Pleistocene to Holocene extinction dynamics in giant deer and wooly mammoth“, Nature 431, 684–689, 2004.

8. De exemplu, în teza mea de doctorat nepublicată şi necitită, Bovidae from the Pleistocene of Britain (Fitzwilliam College, University of Cambridge, 1991), arăt că un tip de bizon mic şi robust a fost comun în Britania la jumătatea celei mai recente Perioade de Răcire, dar a fost înlocuit de o formă mai mare, pe măsură ce Perioada de Răcire a avansat. Bizonul a fost comun şi în timpul precedentei interglaciaţii Ipswich, însă era de un gen mai mare şi a trăit în Anglia, însă nu pe Valea Tamisei — pe atunci, Londra era ţara zimbrilor. În Hoxnian, cu o interglaciaţie sau două înainte de asta, zimbrii erau comuni şi n-ai fi găsit vreun bizon pe undeva, nici să fi plătit pentru el. Însă chiar şi mai înainte de asta, în Cromerian, nu existau deloc zimbri, dar existau bizoni — de un alt gen. Numai că în Marea Britanie, sedimentele din Pleistocen sunt obişnuite şi (relativ) uşor de ordonat. O asemenea soluţie n-ar fi posibilă cu depozitele din Permian, să zicem.

9. S-a considerat multă vreme că sosirea oamenilor în Americi nu ar fi putut avea loc mai devreme de acum 15 000 de ani. Însă noua arheologie şi metodele de datare revizuite confirmă că oamenii au fost prezenţi, chiar dacă sporadic, încă de acum 30 000 de ani sau chiar mai devreme. Vezi L. Becerra-Valdivia şi

T. Highman, „The timing and effect of the earliest human arrivals in North America“, doi.org/10.1038/s41586–020–2491–6, 2020; Ardelean et al., „Evidence of human occupation in Mexico around the Last Glacial Maximum“, Nature 584, 87–92, 2020.

10. La fel și Luna. Cum însă povestea de față este despre viața pe Pământ, acest aspect depășește, fără îndoială, atribuțiile mele.

11. Vezi Piperno et al., „Processing of wild cereal grains in the Upper Palaeolithic revealed by starch grain analysis“, Nature 430, 670–673, 2004.

12. Vezi J. Diamond, „Evolution, consequences and future of plant and animal domestication“, Nature 418, 700–707, 2002.

13. Vezi Krausmann et al., „Global human appropriation of net primary production doubled in the 20th century“, Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 110, 10324–10329, 2013.

14. Dacă vreți să știți, m-am născut în 1962. „Good Luck Charm“ de Elvis Presley era pe prima poziție în Bilboard Hot 100 și de asemenea în topul pop din UK.

15. Rata Totală a Fertilității (RTF) — rata la care trebuie să se nască bebeluși pentru a depăși rata mortalității — este de 2,1 copii per mamă, dar se mai adaugă puțin pentru a compensa posibilitatea unui avort spontan și faptul că bebelușii de sex masculin sunt mai susceptibili să moară decât cei de sex feminin. În anul 2100, 183 de țări (din 195 studiate) vor avea o RTF mai scăzută decât aceasta și populația va fi mai mică decât este acum. În unele țări, precum Spania, Thailanda și Japonia, populația se va fi înjumătățit până la acea dată. Vezi Vollset et al., „Fertility, mortality, migration and population scenarios for 195 countries and territories from 2017 to 2100: a forecasting analysis for the Global Burden of Disease Study“, The Lancet doi.org/10.1016/S0140–6736(20)20677–2, 2020.

16. Vezi Kaessmann et al., „Great ape DNA sequences reveal a reduced diversity and an expansion in humans“, Nature Genetics 27, 155–156, 2001; Kaessmann et al., „Extensive nuclear DNA sequence diversity among chimpanzees“, Science 286, 1159–1162, 1999.

17. Aș zice că, de aici încolo, cam tot ce spun sunt presupuneri sau ceea ce oamenii de știință numesc lucruri inventate. După cum spunea cândva cineva,

predicția este foarte dificilă, mai ales despre viitor.

18. Am împrumutat această imagine captivantă din After Man: A Zoology of the Future (Granada Publishing, 1982), în care Dougal Dixon speculează cu privire la animalele ce vor fi evoluat după 50 de milioane de ani de la dispariția omenirii. „Vânătorul nopții“ este un carnivor înspăimântător, provenit din liliac, care bântuie prin pădurile întunecate ale unui continent vulcanic nou format, numit Batavia, colonizat doar de lilieci. Creaturile evoluează pentru a ocupa multe nișe ecologice deosebite de lilieci.

19. Dacă vreți să stați treji noaptea și să vă faceți griji, citiți The Life and Death of Planet Earth de Peter Ward și Donald Brownlee (Times Books, Henry Holt and Co., 2002), în care acești doi factori sunt explorați fără milă.

20. Concentrația atmosferică a bioxidului de carbon în ultimii 800 000 de ani sau cam așa nu a depășit niciodată 300 ppm. În 2018, ea a trecut de 400 ppm ca urmare a activității umane, o concentrație nemaiîntâlnită de peste 3 milioane de ani. Vezi K. Hashimoto, „Global temperature and atmospheric carbon dioxide concentration“, în Global Carbon Dioxide Recycling, SpringerBriefs in Energy (Singapore: Springer, 2019).

21. Lucrurile sunt mai complicate, evident. Imaginea pe care tocmai am zugrăvit-o se bazează pe ideea că doar roca de silicat, stearpă și lipsită de viață, este erodată. Deși acest lucru a fost adevărat cu miliarde de ani în urmă, prezența vieții a schimbat jocul. Prezența materiei organice și a rocilor sedimentare bogate în carbonat influențează rata eroziunii, în moduri greu de prezis, atât pozitiv, cât și negativ (R.G. Hilton și A.J. West, „Mountains, erosion and the carbon cycle“, Nature Reviews Earth & Environment 1, 284–299, 2020). În plus, cea mai mare cantitate de carbon pe uscat este înmagazinată într-un substrat generat în întregime de viață: solul. Temperatura în creștere stimulează o mai mare respirație a microbilor din sol, ceea ce are ca rezultat o eliberare a bioxidului de carbon în atmosferă (Crowther et al., „Quantiyfing global soil carbon losses in response to warming“, Nature 540, 104–108, 2016). Aceste procese și altele influențează transferul de bioxid de carbon din atmosferă în ocean.

22. O altă complicație este că Pământul s-ar putea să fi fost lovit o dată sau de mai multe ori de asteroizi, în urmă cu aproximativ 800 de milioane de ani: un studiu al craterelor de pe Lună indică o creștere a numărului de impacturi cam pe

atunci. Vezi Terada et al., „Asteroid shower on the Earth-Moon system immediately before the Cryogenian period revealed by KAGUYA“, Nature Communications 11, 3453, 2020.

23. Vezi Simon et al., „Origin and diversification of endomycorrhizal fungi and coincidence with vascular land plants“, Nature 363, 67–69, 1993.

24. Vezi Simard et al., „Net transfer of carbon between ectomycorrhizal tree species in the field“, Nature 388, 579–582, 1997; Song et al., „Defoliation of interior Douglas-fir elicits carbon transfer and stress signaling to ponderosa pine neighbors through ectomycorrhizal networks“, Scientific Reports 5, 8495, 2015; J. Whitfield, „Underground networking“, Nature 449, 136–138, 2007.

25. Smith et al., „The fungus Armillaria bulbosa is among the largest and oldest living organisms“, Nature 356, 428–431, 1992.

26. Himenopterele au început să se diversifice acum aproximativ 281 de milioane de ani (Peters et al., „Evolutionary history of the Hymenoptera“, Current Biology 27, 1013–1018, 2017); cele mai vechi molii cunoscute au trăit acum 300 de milioane de ani (Kawahara et al., „Phylogenomics reveals the evolutionary timing and pattern of butterflies and moths“, Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 116, 22657–22663, 2019).

27. Pentru un ghid util care explică de ce, atunci când mâncăm o smochină, nu ni se umple gura de viespi, vezi J.M. Cook și S.A. West, „Figs and fig wasps“, Current Biology 15, R978–R980, 2005.

28. Vezi C.A. Sheppard și R.A. Oliver, „Yucca moths and yucca plants: discovery of «the most wonderful case of fertilisation»“, American Entomologist 50, 32–46, 2004.

29. Vezi D.M. Gordon, „The rewards of restraint in the collective regulation of foraging by harvester and colonies“, Nature 498, 91–93, 2013.

30. O temă discutată de E.O. Wilson în cartea The Social Conquest of Earth (New York: Liveright, 2012).

31. Oamenii de știință sunt cu toții de acord că va exista un supercontinent peste 250 de milioane de ani, însă opiniile diferă în privința formei sale precise. Una

dintre ipoteze ar fi că Americile se vor deplasa spre vest până când întâlnesc estul Asiei, făcând să dispară Oceanul Pacific. Alta susţine că Americile vor fi atrase, aşa cum au făcut în trecut, către marginea vestică a Eurasiei, închizând Atlanticul. Cartea lui Ted Nield Supercontinent explică raţionamentele care stau la baza acestor scenarii.

32. Pentru o bună introducere în biosfera profundă, vezi A.L. Mascarelli, „Low life“, Nature 459, 770–773, 2009.

33. Vezi Borgonie et al., „Eukaryotic opportunists dominate the deep-subsurface biosphere in South Africa“, Nature Communications 6, 8952, 2015; Borgonie et al., „Nematoda from the terrestrial deep subsurface of South Africa“, Nature 474, 79–81, 2011.

34. Omul de ştiinţă a fost un anume N.A. Cobb, care a schiţat acest portret al viermilor rotunzi în „Nematodes and their relationships“, United States Department of Agriculture Yearbook (Washington D.C.: US Department of Agriculture, 1914), p. 472.

35. Modele ale ciclului carbonului sugerează că viaţa va înceta într-un viitor cuprins între 900 de milioane şi 1,5 miliarde de ani. Un miliard de ani mai târziu, oceanele vor clocoti. Vezi K. Caldeira şi J.F. Kasting, „The life span of the biosphere revisited“, Nature 360, 721–723, 1992. Ce se întâmplă după aceea va depinde de viteza cu care fierb oceanele. Repede — şi Pământul se va usca şi va deveni o planetă fierbinte şi pustie. Lent — şi o mare parte a atmosferei va învălui Pământul, creând un efect de seră atât de puternic încât suprafaţa planetei se va topi. Aceste viziuni încântătoare sunt explicate pas cu pas de P. Ward şi D. Brownlee în The Life and Death of Planet Earth (New York, Henry Holt and Co., 2002). În final, nu va mai avea nicio importanţă: peste alte câteva miliarde de ani, Soarele se va transforma într-un „Gigant Roşu“ care va umple cerul, făcând scrum Pământul şi posibil consumându-l, înainte de a se debarasa de cea mai mare parte din masa sa sub forma unei aşa-numite „nebuloase planetare“ şi a-l reduce la dimensiunile unei minuscule stele pitice albe, ce-ar putea dăinui trilioane de ani. Oricât ar fi de masiv, Soarele nu este îndeajuns de mare pentru a exploda şi a deveni o supernovă, semănând noi generaţii de stele, planete şi viaţă.

EPILOG

1. Vezi Barnosky et al., „Has the Earth’s sixth mass extinction already arrived?“, Nature 471, 51–57, 2011.

2. Vezi https://www.carbonbrief.org./analysis-uk-renewables-generate-more-electricity-than-fossil-fules-for-the-first-time, accesat 26 iulie 2020.

3. Vezi, de exemplu, cartea lui Paul Ehrlich The Population Bomb. Pentru o estimare a efectelor sale o jumătate de secol mai târziu, vezi https://www.smithsonianmag.com/innovation/book-incited-world-wide-fear-overpopulation-180967499/ — accesat 26 iulie 2020.

4. Vezi htpps://ourworldindata.org/energy, accesat 26 iulie 2000.

5. Vezi Friedman et al., „Measuring and forecasting progress towards the education-related SDG targets“, Nature 580, 636–639, 2020.

6. Vezi Vollset et al., „Fertility, mortality, migration and population scenarios for 195 countries and territories from 2017 to 2100: a forecasting analysis for the Global Burden of Disease Study“, The Lancet doi.org/10.1016/S0140–6736(20)20677–2, 2020.

7. Vezi, de exemplu, Horneck et al., „Space microbiology“, Microbiology and Molecular Biology Reviews 74, 121–156, 2010. Posibilitatea ca vieţuitoarele (cu excepţia oamenilor) să poată călători între planete este un lucru pe care am ales să nu-l discut în această carte.

8. ...şi toţi de sex masculin, ceea ce limitează cumva oportunităţile.